

Zeitschrift: Mitteilungen der Ostschweizerischen Geographisch-Commerciellen Gesellschaft in St. Gallen
Herausgeber: Ostschweizerische Geographisch-Commercielle Gesellschaft
Band: - (1924)

Artikel: Die Reliefkarte : Beiträge zur kartographischen Geländedarstellung
Autor: Imhof, Eduard
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1092121>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 03.03.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Reliefkarte

Beiträge zur kartographischen Geländedarstellung
von EDUARD IMHOF.

I. Einleitung.

Die wichtigsten und gebräuchlichsten Bausteine zur Kartengeländedarstellung sind Schichtlinien, Schraffen, Schummerung und Farbtöne.

Diese Bausteine lassen sich je nach Kartenmasstab und Zweck, je nach dem darzustellenden Gebiet und nach den verfügbaren Geldmitteln und Fähigkeiten nach verschiedenen Prinzipien und zum Teil einzeln, zum Teil in mannigfachen Kombinationen gebrauchen. So spricht man z. B. von senkrechter und schiefer Beleuchtung und bei der letzteren streitet man sich um die Beleuchtungsrichtung; oder es werden Schichtlinien, Schummerung in schiefer Beleuchtung und Höhenschichtenfarben zur sogenannten Reliefkarte vereinigt. Bei allen solchen Kombinationen ist zu untersuchen, wie sie zu geschehen haben, damit sich die einzelnen Elemente nicht gegenseitig beeinträchtigen, sondern nach Möglichkeit unterstützen. Ferner sind die Anwendungsmöglichkeiten und Grenzen, die Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren oder ihrer Kombinationen für bestimmte Fälle kritisch festzustellen.

Wenn wir solche Fragen diskutieren wollen, so haben wir uns vorerst darüber Klarheit zu verschaffen, was für Eigenschaften oder Fähigkeiten den einzelnen Elementen innewohnen, und was wir überhaupt von der Geländedarstellung dieser oder jener Karte verlangen.

Ganz allgemein ausgedrückt verlangen wir von der Geländedarstellung einer Karte, dass sie uns die Oberflächengestaltung des betreffenden Gebietes in einem Planbilde vermittele, und zwar wünschen wir meistens eine Vermittlung in doppeltem Sinne: Einmal soll die dargestellte Form in ihren geometrischen Ausmassen erfassbar sein, d. h. wir sollen beliebige Höhenlagen, Höhenunterschiede, Böschungswinkel, Streichrichtungen der Flächen u. s. w. aus der Karte herauslesen und messen können. Andererseits wünschen wir einen möglichst hohen Grad von Anschaulichkeit, d. h. wir sollen beim blossen Betrachten der Karte eine richtige Vorstellung erhalten vom Gesamtrelief und seinen einzelnen Teilen. Bald überwiegt mehr die eine, bald mehr die andere dieser Anforderungen; in der Regel aber erblicken wir die Kunst der Kartenzeichnung in ihrer glücklichen Vereinigung und zugleich in einer guten Eingliederung des übrigen Karteninhaltes zu einem allen Teilen gerecht werdenden Ganzen.

Einige Geländedarstellungs-Elemente und ihre Kombinationen sollen im folgenden nach diesen beiden Richtungen hin untersucht werden, wobei uns insbesondere das wenig abgeklärte Problem der *Anschaulichkeit* beschäftigen wird. Dabei habe ich die Absicht, die

Reliefkarte einer eingehenden Diskussion zu unterziehen, während einige andere benachbarte Fragen mehr nur gestreift werden sollen.

Die Anschaulichkeit der kartographischen Geländedarstellung kann eine unmittelbare oder eine mittelbare oder eine Kombination beider sein.

Unmittelbar anschaulich ist ein direktes Abbild einer Form im Sinne und mit den Mitteln der gewöhnlichen, impressionistischen oder naturalistischen, bildlichen Darstellung, ohne dass irgend welche besonderen Vorkenntnisse, Erklärungen, geistige Uebertragungen notwendig sind. Wir beurteilen das Bild auf Grund eines unerschöpflichen, aber uns meist unbewussten Schatzes alltäglicher Seh-Erfahrungen, so dass jedermann darin ohne weiteres bestimmte Gegenstände mit bestimmten Formen sieht. Beispiele: Die Photographie eines Menschen-Antlitzes, einer Statue etc. Auf die Karte übertragen handelt es sich also hier um den Versuch, die Geländeformen so darzustellen, dass jeder Beschauer den Eindruck erhält, das planebene Papier sei tatsächlich gewellt, aus- und eingebuchtet oder in bestimmter Weise zerknittert.

Die *mittelbare Anschaulichkeit* bedient sich, im Gegensatz dazu, nicht mehr allein dieses gewöhnlichen direkten Sehens, sondern nimmt geistige Uebertragungen zu Hilfe. Die deutlichsten Beispiele bieten sich uns da, wo es sich nicht mehr um eine Abbildung körperlicher Gegenstände handelt, sondern um die Darstellung von Handlungen und nichtkörperlichen Eigenschaften. Beispiele: Graphische Darstellungen statistischer Ergebnisse, wie Ein- und Ausfuhr-Diagramme, Temperaturkurven, graphische Fahrpläne etc. Bestimmten quantitativen, qualitativen oder zeitlich-sukzessiven Gegebenheiten entsprechen andere durch Linien und Farben ausgedrückte Eigenschaften der Zeichnung. Die Bildhaftigkeit beruht hier meistens lediglich in einer gewissen Proportionalität.

Zwischen solcher unmittelbarer und mittelbarer Anschaulichkeit lässt sich keine scharfe Grenze ziehen. Die eine geht allmählich in die andere über. Beispiele, welche Zwischenstufen in verschiedenem Grade zeigen, sind Karten, die das Vorkommen einer Gesteinsart darstellen und Schichtlinien (Horizontalkurven) -Pläne. Beide geben nicht einen naturalistischen Eindruck der dargestellten Erscheinung; sie geben aber mehr als bloße Diagramme; sie geben in einer bestimmten Projektion, in einem bestimmten Aehnlichkeitsverhältnis, körperliche Linien wieder, die in der Natur sichtbar oder unsichtbar vorhanden sind, oder Linien, die gar nicht existieren, die aber, weil sie sich als formcharakterisierend sehr nützlich erweisen, hineingedacht werden. Eckert¹ hat mit Nachdruck auf diesen fiktiven Charakter vieler Kartenzeichnungselemente hingewiesen.

Bei der kartographischen Geländedarstellung handelt es sich stets um die bildliche Wiedergabe bestimmter körperlicher Formen und hiefür

¹ Max Eckert: Die Kartenwissenschaft I.

kommen nur unmittelbar anschauliche oder Uebergänge zwischen unmittelbar und mittelbarer Darstellung in Frage. Die letzteren sollen der sprachlichen Einfachheit halber im Folgenden kurz mit dem nicht ganz richtigen Ausdruck „mittelbar anschaulich“ bezeichnet werden.

Man denke sich etwa folgende zwei extremen Fälle: In eine Hauswand werde auf irgend eine Weise eine flache Beule eingedrückt. Es ist denkbar und lässt sich durch Versuche zeigen, dass man diese Beule durch sehr sorgfältige raffinierte Bemalung, Schattierung etc. auf der flachen Wand daneben so täuschend nachahmen kann, dass bei Betrachtung aus einiger Distanz die tatsächliche Vertiefung und ihr flaches Bild nicht mehr voneinander unterscheidbar sind, so dass wir glauben, zwei Vertiefungen zu sehen. Es wäre hier der höchste Grad unmittelbarer Form-Anschaulichkeit erreicht. Fragen wir aber nach der Tiefe der Beulen in Zahlenwerten (Millimeter oder Centimeter) ausgedrückt, so bleibt uns bei blosser Betrachtung aus einiger Distanz nicht nur die gemalte Erscheinung, sondern auch die tatsächliche plastische Form eine sichere Antwort schuldig. Wir können nur sagen, die eine erscheine tiefer, als die andere oder diese erscheine etwa doppelt so tief wie jene etc.

Ein anderes Beispiel: Ein geübter Kartenleser erkennt aus Teilen von Kurvenkarten heraus direkt gewisse Geländeformen so deutlich, dass er mit Recht von einer Plastik der Kurvenkartendarstellung sprechen kann, während der naive Beobachter im gleichen Bilde eine ebene Papierfläche mit krummen Linien sieht. In Bezug auf eindeutige, zahlenmässig ablesbare Form-Fixierung ist eine solche Darstellung der ersteren zweifellos weit überlegen; der Grad ihrer Anschaulichkeit ist jedoch viel geringer und stark von der Uebung des Beobachters abhängig.

Im ersteren Falle erfolgt der Auffassungsprozess völlig unbewusst. Wir machen unbewusst eine Anleihe aus einem Erfahrungsvorrat, der in jedem Menschen von frühester Jugend an aufgespeichert wird. Alle Gegenstände unserer alltäglichen sichtbaren Umwelt, ihre Formen, Farben und Helligkeitswerte projizieren sich als Bilder in unsere Augen. Täuschen wir uns dadurch, dass wir statt des Originalgegenstandes ein sehr geschicktes Abbild, eine entsprechende Projektion desselben in unser Auge projizieren, so glauben wir unter gewissen Bedingungen, an Stelle dieses Abbildes den Originalgegenstand zu sehen. Im zweiten Beispiel, der Darstellung einer Körperform durch Schichtlinien, erfolgt nicht eine solche Projektion seiner natürlichen körperlichen Erscheinungen auf die Netzhaut des Auges, sondern die erzeugte Formvorstellung ist das Produkt einer geistigen Uebertragung. Uebung und Gewohnheit können bei dieser letzteren so weit getrieben werden, dass uns der Unterschied zwischen direktem unmittelbarem und übertragenem mittelbarem Sehen einer gezeichneten Form kaum zum Bewusstsein kommt.

Mit einer solchen Gegenüberstellung von unmittelbar und mehr oder weniger mittelbar wirkenden Darstellungselementen soll über

keines derselben ein kartographisches Werturteil gefällt werden, namentlich soll damit nicht allgemein behauptet werden, dass die unmittelbar wirkenden den mittelbar wirkenden überlegen seien. Manchmal kommen wir mit diesen besser zum Ziel, manchmal mit jenen, und in den häufigsten Fällen arbeiten wir mehr oder weniger unbewusst mit beiden zusammen.

Eine unmittelbare Anschaulichkeit körperlicher Formen, die Vortäuschung von Ein- und Ausbiegungen der Papierfläche kann, wenn man die richtigen Formen und nicht arge Ueberhöhungen geben will, naturgemäss nur für solche Karten erstrebt werden, deren Gebiet auch in einem formtreuen Modell gleichen Masstabes deutlich wahrnehmbare Ein- und Ausbiegungen besitzt. Es wäre also sinnlos, Karten ganz flacher Länder oder sehr kleiner Masstäbe formgetreu unmittelbar anschaulich bearbeiten zu wollen. Es würden dabei die wichtigsten Erscheinungen, z. B. Höhenstufen, flache Schwellen, Entwässerungsrichtungen nicht sichtbar werden. Hingegen eignen sich für solche Darstellungen sehr gut topographische Uebersichtskarten reichgegliederter bergiger Gebiete. Bei diesen erhöhen sie die Uebersichtlichkeit und Klarheit des ganzen Formeindrucks umsomehr, je reiner sie neben den geometrischen und mittelbar anschaulichen Elementen zur Geltung kommen.

Im Folgenden soll zur Hauptsache die *unmittelbar anschauliche Darstellung* und ihre kartographische Verwendbarkeit betrachtet werden. Wir suchen die rein zeichnerische Aufgabe zu diskutieren, eine planebene Papierfläche so mit Linien und Tönen zu bedecken, dass sie auf den Beschauer möglichst den Eindruck einer bestimmten Unebenheit macht. Es handelt sich also um die Vortäuschung ungleicher Tiefenillusion verschiedener Kartenpunkte.

Es ist hiezu notwendig einen raschen Blick zu werfen auf alle bisher bekannten Ursachen optischer Tiefen- oder Raumwahrnehmung. Dies soll im folgenden Abschnitt geschehen.

II. Räumliches Sehen.

Als Ursachen, welche eine plastische, dreidimensionale optische Sinneswahrnehmung und Sinnestäuschung des uns umgebenden Raumes erzeugen, gelten im allgemeinen ¹ folgende:

1. Bei monokularer, d. h. einäugiger Betrachtung:

A. Erfahrungsmotive:

- 1) Erfahrungen über Grösse und Form der Gegenstände.
- 2) Teilweise Ueberdeckung oder Ueberschneidung hintereinander liegender Gegenstände.
- 3) Linearperspektive. Dazu gehört auch die scheinbare Verkleinerung der Gegenstände mit wachsender Entfernung.

¹ Vgl. Nagel, Stumpf, Tigerstedt, Witasek (Literatur-Verzeichnis).

- 4) Luftperspektive.
 - 5) Art der Verteilung von Licht und Schatten.
 - 6) Ungleiche parallaktische Verschiebung verschieden weit entfernter Gegenstände bei Bewegungen unseres Kopfes.
- B. Einfluss der *Akkommodation* des Auges bei Betrachtung naher oder ferner Gegenstände. Dieser Einfluss auf die Tiefenwahrnehmung erwies sich bei allen bisherigen Untersuchungen¹ als so gering und unvollkommen, dass einige Forscher der Akkommodation überhaupt jede solche Fähigkeit absprechen.
2. Bei *binokularer*, d. h. zweiäugiger Betrachtung treten zu diesen Ursachen noch die drei folgenden hinzu:
- 1) Der Einfluss der *Konvergenz*: Die Blickrichtungen der beiden Augen sind parallel bei Betrachtung eines sehr weit entfernten Punktes, konvergieren aber mehr und mehr, je näher der betrachtete Punkt liegt. Auch dieses Moment wirkt nicht sehr sicher. Viel bedeutender ist hingegen der folgende Faktor:
 - 2) Die *binokulare Parallaxe* mit querer Disparation der beiden Netzhautbilder: Die Netzhautbilder von einigen verschieden weit entfernten Punkten sind nicht kongruent. Solche Punkte projizieren sich daher nicht in korrespondierenden Punkten auf die beiden Netzhäute, sondern erscheinen gegeneinander verschoben. Die Verschiebung in der Richtung der Horizontalen bei aufrechter Kopfhaltung nennt man Querdisparation. Diese täuscht uns sehr bestimmt verschiedene Distanz vor und zwar erscheinen die Distanzunterschiede umso bedeutender, je grösser die Querdisparation ist.
Der Vollständigkeit halber erwähne ich noch
 - 3) den *Einfluss der Blickbewegungen*. Wir haben uns damit nicht weiter zu befassen².

Die Faktoren der binokularen Tiefenwahrnehmung, insbesondere die binokulare Parallaxe, bezeichnet man häufig als *stereoskopisches Sehen*. Das stereoskopische Sehen von Distanzunterschieden ist gebunden an nicht zu grosse Entfernungen. Je grösser im Verhältnis zum Augenabstand die Entfernung des betrachteten Gegenstandes ist, desto kongruenter werden seine Netzhautbilder und desto geringer auch die Konvergenzwinkel-Unterschiede seiner verschiedenen Punkte. Für die Betrachtung von Gegenständen aus deutlicher Sehweite (30 cm) arbeitet das stereoskopische Sehen mit aller wünschbaren Schärfe. Aber schon bei einer Entfernung von einigen Metern (Distanz

¹ Hildebrand: Zeitschr. f. Psych. VII S. 96 ff. u. XVI S. 71 ff.
Bourdon S. 283 ff., S. 288 ff.

² Ebenso wären als auch monokular wirkende Erfahrungsmotive noch zu nennen: gewisse Spiegelungs- oder Glanz-Erscheinungen auf glatten gekrümmten Oberflächen, z. B. an Wellen im Wasser, an Falten in Seidenkleidern, an Wölbungen von Geschirr- und Möbelflächen. Diese Erscheinungen kommen für kartographische Zwecke nicht in Betracht.

von den Schulbänken bis zur Wandkarte in einem Schulzimmer) lässt seine Kraft so stark nach, dass es Tiefen- oder Berg- und Tal-Höhenunterschiede in senkrecht aufgestellten, völlig schattenlosen Reliefs, nicht mehr wahrnimmt.

Es lässt sich durch sorgfältige Versuche feststellen, dass jeder einzelne dieser verschiedenen Faktoren, vielleicht mit Ausnahme der Akkommodation, Distanzunterschiede wahrzunehmen gestattet; die einen wirken kräftiger, die andern schwächer. In der Regel wird aber unsere körperliche, dreidimensionale Sinneswahrnehmung durch ein Zusammenwirken aller oder einiger der genannten Elemente erzeugt. In manchen Fällen tritt ein Widerstreit der verschiedenen Faktoren ein. Die einen suchen einen Punkt nach vorn, die andern nach hinten zu schieben. Es resultiert dann ein gewisses Mittel aus den verschiedenen Elementen oder es kann die Wirkung der schwächeren durch diejenige der stärkeren aufgehoben werden. Namentlich sind in dieser Beziehung, wie durch psychologische Untersuchungen einwandfrei festgestellt worden ist, die Erfahrungsmotive nicht zu unterschätzen. In zahlreichen Fällen spielen eine bewusste oder unbewusste geistige *Reproduktion bekannter Vorstellungen* und die ebenfalls bewusste oder unbewusste Richtung unserer *Aufmerksamkeit* eine grosse, ja ausschlaggebende Rolle. Ein- und dasselbe Netzhautbild kann in uns völlig verschiedene, einander entgegengesetzte Form-Vorstellungen erzeugen, je nach der unbewusst mitverbundenen Vorstellungsreproduktion oder je nach der vielleicht zufälligen Richtung, die unsere Aufmerksamkeit bei der Betrachtung einschlägt. Witasek¹ zeigt dies an zahlreichen Beispielen, und im Verlaufe unserer Ausführungen werden wir auch in kartographischen Darstellungen solchen Fällen begegnen.

Ich habe die *Luftperspektive* erwähnt. Man macht die Beobachtung, dass mit wachsender Entfernung die Farben der Landschaftsteile in einer bestimmten Weise durch die zwischen Auge und Objekt tretende Atmosphäre verändert werden. Daher wird die scheinbare Farbe in der freien Landschaft zu einem Erfahrungsmotiv der Entfernungswahrnehmung. Ausser diesem *farbenplastischen Erfahrungseindruck* wurde von dem österreichischen Kartographen Karl Peucker auf eine davon völlig unabhängige, physiologisch begründete gewisse „*Stereoskopie durch Farbdifferenz*“ hingewiesen. Peucker machte diese oben nicht erwähnte Erscheinung zum Grundpfeiler seiner farbenplastischen Theorien. Da diese Theorien für die kartographische Gelandedarstellung und insbesondere auch für die hier zu diskutierende Reliefkarte von grosser Bedeutung, jedoch nach meiner Ueberzeugung unrichtig sind und auf falschen Voraussetzungen beruhen, so soll im folgenden Kapitel ausführlich darauf eingetreten werden.

Ausser diesem Problem der Farbenplastik stellen sich uns zunächst noch folgende Fragen zur Beantwortung:

¹ Witasek: Die Psychologie der Raumwahrnehmung des Auges.

- a) Welche der erwähnten Elemente lassen sich in die Papierebene und insbesondere in die Karte übertragen?
- b) Gibt es noch andere in die Karte übertragbare, bisher nicht erwähnte Elemente, die geeignet sind, Raumillusionen zu erzeugen oder zu verstärken?
- c) Wie beeinflussen sich die verschiedenen in Frage kommenden Elemente?

Die Beantwortung der beiden letzten Fragen soll zur Hauptsache auf spätere Kapitel verschoben werden; die Uebertragbarkeit in die Karte hingegen müssen wir hier voranstellen:

Ungleiche parallaktische Verschiebung verschieden weit entfernter Gegenstände bei Bewegung unseres Kopfes, ein allfällig vorhandener Einfluss der Akkommodation des Auges bei Betrachtung naher oder ferner Gegenstände und die erwähnten Erscheinungen des stereoskopischen Sehens beruhen auf wirklich *vorhandenen* Distanzunterschieden der betrachteten Punkte; sie fallen für jede planebene kartographische Darstellung ausser Betracht. Die einzige Möglichkeit, uns auch im planebenen Bilde den stereoskopischen Effekt nutzbar zu machen und damit dasselbe tatsächlich plastisch erscheinen zu lassen, besteht in der Betrachtung zweier den beiden Augen entsprechenden perspektivischer neben- oder ineinander gezeichneter Bilder durch ein Stereoskop oder durch eine zweifarbige Brille. Man könnte sich dies in der Karte etwa folgendermassen ausgeführt denken: Ein aus einzelnen Schichten aufgebautes kleines einfaches Bergmodell werde senkrecht von oben betrachtet. Die beiden leicht voneinander abweichenden Schichtlinienbilder, die unsere zwei Augen empfangen, werden nun in entsprechender Lage, das eine grün, das andere rot ineinander gezeichnet. Setzt man vor das linke Auge ein grünes, vor das rechte ein rotes Glas, so sieht man mit dem ersteren nur die rote, mit dem letzteren nur die grüne Figur. Diese beiden grau erscheinenden Figuren verschmelzen sich zu einem völlig plastischen stereoskopischen Eindruck. Dieser Verwendung der Stereoskopie in der Karte steht aber ausser dem komplizierten doppelten Liniengewirre der Umstand entgegen, dass es sich hiebei um Zentralprojektionen (gewöhnliche Perspektiven), in der Karte aber notwendigerweise um eine Parallelprojektion (Grundriss = Parallelperspektive) handelt.

Genauer betrachtet, scheiden alle diese Faktoren, die auf tatsächlich vorhandener Tiefendifferenz, auf scheinbarer Relativbewegung und Verschiedenheit der Netzhautprojektionen beruhen, bei der Betrachtung *ebener* Bilder nicht nur aus, sondern sie arbeiten einer darin beabsichtigten Plastik direkt entgegen; denn hier gilt der Satz: Bist du nicht für mich, so bist du gegen mich. Der nachteilige Einfluss des binokularen Sehens (störende Gleichheit der beiden Netzhautprojektionen) lässt sich beheben durch Schliessen des einen Auges. Witasek stellt in Bezug auf diesen Hauptfaktor der Stereoskopie, die

binokulare Parallaxe mit Querdissipation, folgendes fest:¹ „Es ist eine bekannte Erfahrung, dass man an flächenhaften Darstellungen von körperlichen Dingen, an Gemälden, Photographien von Landschaften etc. den Eindruck des Räumlichen viel eher gewinnt, wenn man sie nur monokular, als wenn man sie binokular betrachtet. Die Erklärung dafür liegt offenbar darin, dass man bei binokularem Sehen, da alle die einzelnen Bildpunkte auf korrespondierenden Stellen, also mit der Querdissipation Null zur Abbildung gelangen, ganz ausdrücklich die Wahrnehmung des gleichen und bestimmten Tiefenabstandes aller Bildpunkte, des Flächenhaften hat, wogegen die reproduzierten Vorstellungen der Tiefenunterschiede viel schwerer ankämpfen als gegen den monokularen Eindruck unbestimmter Tiefe.“ Die gleiche Beobachtung macht man, wenn man eine gute Reliefkarte oder eine senkrecht von oben gewonnene Photographie eines schief beleuchteten Reliefs auf kleine Distanzen binokular und monokular betrachtet. Bei sorgfältiger Ausführung des Versuches erweckt die monokulare Betrachtung solcher flacher Bilder Raumillusionen, die nicht von der monokularen Betrachtung tatsächlich plastischer Körper zu unterscheiden sind. Diese Illusionen schwinden oder werden stark gedämpft, sobald man das Bild binokular betrachtet.

Es handelt sich bei solchen Betrachtungen ebener Bilder nicht um ein tatsächliches *Raumwahrnehmen*, sondern nur um ein Auffassen und Erkennen der Raumbestimmungen auf Grund der *Erfahrung*. Jeder Versuch des Reliefkartenzeichners, eine ebene Papierfläche scheinbar uneben zu gestalten, ist daher relativ aufzufassen. Wenn man, wie es in den folgenden Ausführungen oft geschehen wird, von der stärkeren oder geringeren Plastik eines Bildes, einer Karte spricht, so muss man dabei stets stillschweigend den unvermeidlichen Vorbehalt anbringen: abgesehen vom fehlenden oder uns sogar entgegenarbeitenden stereoskopischen Effekt.

In vollkommener Weise in eine Bildebene übertragbar sind folgende Erfahrungsmotive: Erfahrungen über Grösse und Form der Gegenstände, teilweise Ueberdeckung hintereinander liegender Gegenstände, Linearperspektive, Luftperspektive, Art der Verteilung von Licht und Schatten; denn die Projektionen von Formen, Linien, Farben, Schattierungen auf die Netzhaut des Auges können in völlig übereinstimmender, nicht voneinander unterscheidbarer Weise von den körperlichen Gegenständen direkt oder von entsprechenden ebenen Abbildern (Projektionen) derselben erzeugt werden.

Wenn auch für geringe Bilddistanzen der Einfluss des stereoskopischen Sehens überwiegt, so ist trotzdem die assoziative Wirkung dieser Erfahrungsmotive nicht gering anzuschlagen. Solche Erfahrungen erzeugen in uns deutliche Raum- oder Form-Illusionen sozusagen spontan, ohne bewusstes eigenes geistiges Dazutun. Wir können daher von *unmittelbarer Anschaulichkeit* sprechen, haben

¹ Witasek S. 166—167.

uns aber, wie soeben betont worden ist, immer zu vergegenwärtigen, dass es sich nicht um ein eigentliches *Raumwahrnehmen* handelt. Von diesen Erfahrungsmotiven, den Projektionen der uns alltäglich umgebenden Formen- und Farbenwelt, müssen wir alle durch die Schule künstlich angelernten Erfahrungen und geistigen Uebertragungen trennen. Auch diese können dem geübten Kenner durch assoziative Uebertragung gewisse Raumillusionen vermitteln und zwar gelegentlich so starke, dass der prinzipielle Unterschied verwischt wird. Für unsere Betrachtungen ist es jedoch nötig, die beiden Erfahrungsbegriffe scharf auseinander zu halten.

Im Gegensatz zu den meisten gewöhnlichen ebenen Ansichtsbildern körperlicher Formen kommen für eine plastische Kartengeländezeichnung von den erwähnten Erfahrungsmotiven nicht in Frage: die teilweise Ueberdeckung hintereinanderliegender Gegenstände, die Linearperspektive und grossenteils auch die Erfahrungen über Grösse und Form der Gegenstände. Die teilweise Ueberdeckung würde erst bei ausgedehnten überhängenden Geländeteilen sichtbar werden, was praktisch nicht vorkommt.

Es stehen uns somit zur Erzeugung unmittelbar anschaulicher Plastik in der Karte nur noch zur Verfügung:

1. Die Art der Verteilung von Licht und Schatten.
2. Die Luftperspektive.
3. In beschränktem Masse Erfahrungen über die Grösse und Form der Geländeteile.
4. Vielleicht die durch Peucker mitgeteilten Erscheinungen (Stereoskopie durch Farbdifferenz und Helldunkeleffekt), die zu einer bestimmten Art der Farbgebung führen, welche über die Wirkung der Luftperspektive hinausgeht.
5. Vielleicht weitere noch festzustellende Mittel.

Indem wir in den folgenden Kapiteln näher auf diese Dinge eintreten werden, wird es sich nicht nur darum handeln ihre Möglichkeiten und Fähigkeiten, sondern vor allem auch ihre kartenzeichnerische Ausgestaltung eingehend zu betrachten. Damit verlassen wir diese vorbereitenden Bemerkungen allgemeiner Natur, um uns den kartographischen Problemen zuzuwenden.

III. Farbenplastik.

In der Schweiz besteht seit einigen Jahrzehnten eine gewisse Schule, die auf dem Wege des praktischen Versuches die Aufgabe lösen will, im Kartenbilde unmittelbar eine unebene Fläche vorzutäuschen. Es hat dies zur erfolgreichen Entwicklung der Reliefkarte oder, wie man sie im Ausland mit einer schlechten Bezeichnung oft nennt, der „Schweizermanier“ geführt.

In Oesterreich strebte der Kartograph Karl Peucker nach dem gleichen Ziele, die ebene Kartenfläche plastisch uneben erscheinen zu

lassen. Während sich aber die Schweizer in ihren Bestrebungen und Bemühungen lediglich dem fein empfindenden Künstlerauge anvertrauten, suchte Peucker mit wissenschaftlichen Methoden, durch Verwertung der Erkenntnisse über die Physiologie des menschlichen Auges das Problem zu lösen. Die Endabsicht ist in beiden Fällen dieselbe: eine unmittelbare und möglichst kräftige Vortäuschung von bestimmten Unebenheiten, bestimmten Aug-Distanzunterschieden der ebenen Papierfläche. Wenn das kritisch beobachtende und empfindende Auge auf der einen und wissenschaftlich-theoretische Ableitung auf der andern Seite die Aufgabe richtig lösen, so müssen die Ergebnisse übereinstimmen. Dies ist jedoch nur teilweise der Fall. Beide ziehen Schichtlinien, Schattierungen und luftperspektivisch abgestufte Höhenschichtenfarben herbei. Während aber, wie wir sehen werden, bei den Schweizern Schichtlinie und Schattierung nach schiefer Beleuchtung dominieren und namentlich die letztere eine raffinierte und höchst wirksame Ausgestaltung erfährt, schreibt Peucker die scheinbare Plastik zur Hauptsache einer bestimmten, von ihm neu entwickelten Höhenschichten-Farbskala zu. Die Luftperspektive bildet nur noch einen integrierenden, wenn auch wesentlichen Bestandteil dieser Skala, und die Schattierung nach schiefer Beleuchtung, die dem scharfen Theoretiker sichtliches Unbehagen bereitet und sich in keiner Weise harmonisch in seine Entwicklung einfügen lässt, fristet nur noch das verkümmerte Dasein der Geduldeten; sie hat nur noch die Aufgabe der Detailziselierung und der Formenzusammenfassung in alpinem Gelände.

Peuckers erste Hauptarbeit darüber, betitelt „Farbenplastik und Schattenplastik“ erschien im Jahre 1898. Später hat er seine Ansichten in zahlreichen Schriften weiter ausgebaut und zuletzt im Jahre 1910 in einer, von einem Kartenbeispiel (Dolomiten 1 : 200'000) begleiteten Abhandlung über „Höhenschichtenkarten, Studien und Kritiken zur Lösung des Flugkartenproblems“ nochmals in geläuterter Form niedergelegt. Die Peuckersche Lehre hat in der kartographischen Literatur vielfach ein lebhaftes Echo wachgerufen¹. In neuester Zeit sind durch Eckert², Haack³ und Geisler⁴ gut orientierende Zusammenfassungen derselben gegeben worden. Ich kann mich daher in meiner Berichterstattung hauptsächlich auf diejenigen Teile beschränken, die als Grundlage für meine kritischen Entgegnungen erforderlich sind.

Peucker⁵ sagt: „Gelingt es, eine Abbildung zu schaffen, die mit Bildmitteln der Ebene und in dem strengen Rahmen der geometrischen Darstellung alle drei Dimensionen *massanschaulich* gibt, also die

¹ Graf S. 25; Röger S. 83—91; Zöppritz-Bludan S. 67—70; E. v. Romer S. 526 u. f.

² Max Eckert: Die Kartenwissenschaft I. Enthält vollständige Literatur-nachweise.

³ Hermann Haack: Ostwalds Farbentheorie in der Kartographie.

⁴ Walter Geisler: Das Bildnis der Erde (mit einem Peucker'schen Kartenbeispiele).

⁵ K. Peucker: Höhenschichtenkarten Seite 49.

Lage eines Punktes im Raume *unwillkürlich* erfassen lässt, so ist ohne weiteres klar, dass eine solche Abbildung schlechthin nicht mehr übertroffen werden kann. . . . Dem Verlaufe der Z-Achse (Vertikalachse im räumlichen rechtwinkligen Koordinatensystem) nach kommt es darauf an, die Anschauung einer Raumtiefe zu erzeugen. Wir müssen also die Elemente des Gesichtsraumes heranziehen. Uns bietet sein Naturbild das Phänomen der Farbenperspektive, uns bietet sich die Erscheinung der vorspringenden und zurückweichenden Farben, kurz — wir finden in den Farben nach ihren Raumwerten jenes Bildmittel, nach dem wir zur Konstruktion eines Geländebildes von abgeschlossener Exaktheit fahnden.“ Aus solchen und zahlreichen ähnlichen Aeusserungen geht hervor, dass Peucker mit der Farbe eine plastische Erscheinung des Kartenbildes erstrebt, die sich in Bezug auf Raumeindruck nicht mehr wesentlich von einem binokular senkrecht von oben betrachteten Modell unterscheidet.

Er sagt weiter¹: „Im ganzen aber würde eine geschummerte oder schraffierte Schattierung, in Böschungsplastik (senkrechter Beleuchtung) für ausseralpines, in Formenplastik (schiefer Beleuchtung) für alpines Gelände, die Höhenplastik (der Farben) erst zur „totalen Plastik“ ergänzen, und damit die momentane Erfassung des Aufbaues in der Uebersicht sichern.“ Die von Peucker geprägten Begriffe der Formenplastik, Höhenplastik und totalen Plastik haben sich seither in der kartographischen Literatur festgesetzt, jedoch, wie es mir scheint, nicht ganz mit Recht; denn im räumlichen Sehen gibt es nur *einen* Begriff Plastik. Plastisches Sehen ist ein dreidimensionales Sehen. Sowohl „Formenplastik“ wie „Höhenplastik“ sind dreidimensional. Man kann nur von graduellen Verschiedenheiten der räumlichen körperlichen Illusion, von Unterschieden in der äussern Bilderscheinung oder in den erzeugenden Ursachen des dreidimensionalen Effektes sprechen. Bei der Kontinuität topographischer Flächen erzeugt jeder Tiefen- oder Höhenunterschied gleichzeitig eine Form und umgekehrt. Peuckers Formenplastik entspricht der plastischen Wirkung von Licht und Schatten auf irgend welchen Gegenständen; er nennt sie daher auch Schattenplastik, dehnt aber diesen Begriff auch auf die später zu betrachtende Böschungsplastik aus. Seine durch Farben erzeugte „Höhenplastik“ hingegen wäre etwa mit der plastischen Wirkung des binokularen Sehens und der Luftperspektive vergleichbar. Beide Mittel täuschen gewisse Papierunebenheiten und damit, untrennbar miteinander verbunden, körperliche Form und Raumtiefenunterschiede vor. Ich ziehe es daher vor, entsprechend den erzeugenden Mitteln, nur von Schattenplastik und Farbenplastik zu sprechen. Wie wir später sehen werden, weichen freilich die durch diese beiden Mittel erzeugten körperlichen Illusionen nach einer gewissen Seite hin voneinander ab, die die Prägung der Ausdrücke „Formenplastik“ und „Höhenplastik“ teilweise erklärlich macht; trotzdem

¹ K. Peucker: Höhenschichtenkarten Seite 48.

erscheinen sie mir nicht gut, infolge ihres innern Widerspruches und des unrichtigen oder zu absoluten Urtheiles über die Fähigkeiten der Schatten und Farben, das in ihnen ausgedrückt ist.

Peucker spricht, wie wir gesehen haben, von hervorspringenden und zurücktretenden Farben. Er stellt bestimmte Raumwerte der Farben auf, die nach seiner Behauptung¹ die Höhenlage von Punkten ebenso eindeutig anschaulich gestalten, wie die Horizontallage durch den Grundriss gegeben sei. Die Farbe ersetzt ihm also im Planbild direkt das stereoskopische Wahrnehmen körperlicher Gegenstände. Er sagt², der Raumwert der Farben sei bedingt durch deren Helligkeitsgrad, Sättigungsgrad, und die Grösse des Brechungswinkels eines Lichtstrahles der betr. Farbe. Seine Helligkeitsreihe geht allmählich aus dem Dunkeln ins Helle über; schon bei dieser Reihe könne man die Raumtiefe und eine Steigerung derselben nach dem Prinzipie je heller, desto höher wahrnehmen. Hiefür gibt er folgende Begründung: Blickt das Auge ins Dunkel, so erweitert sich die Pupille und verengt sich allmählich bei abgestuften Helligkeitsgraden nach dem Hellen zu. Beim Blick in die Ferne weitet sich gleichfalls die Pupille, beim Nahsehen verengt sie sich. Wir haben den gleichen Effekt beim Anschauen von nahen und fernen Flächen, wie von hellen und dunkeln. „Mithin besitzen wir in den farblosen Helligkeitsstufen eine Koordinatenreihe von Bildwerten der Raumtiefe normal zur Bildebene.“

Eine zweite Reihe, die er aufstellt, ist die Sättigungsreihe; diese wird aus jeder reinen Einzelfarbe entwickelt. Die Farbe wird entsättigt, indem man ihr so lange farbloses Weiss zusetzt, bis sie entfärbt ist. Satt ist der Farbton, wenn er in seiner Eigenart nicht mehr gesteigert werden kann, wenn z. B. rot nicht röter gemalt oder gedacht werden kann, grün nicht grüner, gelb nicht gelber. Die Abstufung durch farbloses Weiss vom Satten, Farbkräftigen zum Matten, Farbschwachen ist eine ähnliche Erscheinung, wie wir sie in der Landschaft wahrnehmen und dort als Luftperspektive bezeichnen. Sie wird in ganz ähnlicher Weise auch in den Schweizerreliefkarten verwendet. In der Nähe erscheint uns alles in saftigen satten Farben, die jedoch mit der Entfernung ihre Leuchtkraft einbüssen, da die Luftschichten dicker und dicker werden und mehr und mehr einen bläulich-weissen Schleier zwischen Auge und Objekt einschieben. Da wir die Karte als ein von oben betrachtetes Bild der Landschaft auffassen können, liegen die höchsten Geländeteile unserem Auge am nächsten, sind mithin am farbensattesten. Es werden daher die einzelnen Höhenstufen von der Tiefe nach der Höhe zu nach dem Grundsatz angelegt: je höher, desto farbensatter.

Schliesslich nimmt Peucker noch eine dritte Farbenreihe zu Hilfe, das Spektrum, die natürliche Folge der reinen Farben: Violett, Blau,

¹ Peucker: Höhenschichtenkarten S. 48 u. 49.

² Zum Teil nach Peucker: Höhenschichtenkarten S. 33 u. f. und Eckert, S. 627—28.

Grün, Gelb, Orange und Rot. Die Farben sollen in dieser Reihenfolge von Violett bis Rot vorspringen. Zur Erklärung stützte er sich ursprünglich¹ auf E. Brücke²: Die Kristalllinse des Auges ist nicht achromatisch. Dadurch ist zur scharfen Auffassung von verschiedenfarbigen Bildpunkten auf der Netzhaut eine analoge Akkommodation erforderlich, wie bei Betrachtung naher oder ferner Gegenstände. Dieses entsprechende Verhalten des Auges erzeuge eine entsprechende Wirkung. Wie wir schon gesehen haben, schreibt aber die neuere physiologische Literatur der Akkommodation keine sicher nachweisbare Bedeutung als Hilfsmittel der Tiefenwahrnehmung zu. Peucker verliess denn auch später³ diese Erklärung und wandte sich derjenigen von Einthoven⁴ zu, auf die er durch E. u. A. Brückner⁵ aufmerksam gemacht worden war. Einthoven hat nachgewiesen, dass tatsächlich beim *binokularen* Sehen verschiedene Farben in verschiedener Distanz vom Auge wahrgenommen werden. Diese Erscheinung trete bei monokularer Beobachtung nicht ein. Die Akkommodation des Auges an die ungleichen Brechungswinkel verschiedener Farbstrahlen reiche also zur Erklärung nicht aus. Gegen diese Erklärung führt Einthoven noch eine weitere bedeutsame Tatsache an, auf die ich später zurückkommen werde. Er weist nach, dass es sich um Stereoskopie, um eine binokulare Parallaxe mit Querdissipation handelt. Infolge der *ungleichen Brechungswinkel* verschiedenfarbiger Lichtstrahlen und infolge des *unsymmetrischen Baues* des einzelnen Auges werden die einen Strahlen um einen ganz geringen Betrag gegen die Schläfen, die andern gegen die Nase hin verlagert⁶. Da aber beide Augen zu einander symmetrisch sind, so resultiert eine gewisse ungleiche Tiefenempfindung für verschiedenfarbige Flächen.

¹ Peucker: Schattenplastik und Farbenplastik, 1898.

² E. Brücke: Physiologie der Farben für die Zwecke der Kunstgewerbe.

³ Peucker: Höhenschichtenkarten 1910. S. 40.

⁴ Einthoven: Stereoskopie durch Farbdifferenz S. 211—238.

⁵ E. u. A. Brückner: Zur Frage der Farbenplastik in der Kartographie.

⁶ Einthoven: S. 216: „In einem symmetrischen Auge, dessen Augenachse und Gesichtslinie zusammenfallen und senkrecht durch die Mitte einer runden Pupille gehen, würden alle fixierten Punkte runde Zerstreuungskreise bilden, deren Mittelpunkte mit dem Fovea-Bild des fixierten Punktes, für welchen das Auge akkommodiert ist, zusammen fallen würden; denn die Lichtkegel aller fixierten Punkte wären dann mathematische Kegel mit gemeinschaftlicher Achse. Allein das normale Auge ist nicht symmetrisch. Die Fovea liegt an der temporalen Seite der Augenachse und die Gesichtslinie des fixierten Punktes, welche durch den (vereinigten) Knotenpunkt des Auges nach der Fovea zieht, bildet mit derselben einen Winkel von meistens ungefähr = 5°.

Hieraus folgt, dass bei Akkommodation für ein bestimmtes Licht, z. B. für homogenes Rot, der Mittelpunkt des Zerstreuungskreises von stärker brechbaren, z. B. blauem, von demselben Punkt ausgehenden Lichte nicht mit dem Bilde des roten Lichtes zusammenfällt u. s. w.“

Eine eingehendere Erläuterung dieser Erscheinung kann hier wegen Raummangel nicht gegeben werden. Ich verweise auf den Originalaufsatz von Einthoven oder auf die Berichterstattung über denselben von E. und A. Brückner: Zur Frage der Farbenplastik in der Kartographie.

Wir wollen damit *vorläufig* Einthoven verlassen und wieder Peucker folgen: „Dadurch, dass sich die Farben auf der Netzhaut immer in bestimmter Reihenfolge nebeneinander ordnen, ordnen sie sich für die Auffassung mit wachsendem Brechungswinkel zugleich auch hintereinander in die Raumentiefe hinein. . . . Ein roter Punkt in der Bildebene, auf der Netzhaut gegen die Schläfen verschoben, wird dies in beiden Augen, ein grüner wird nasal verschoben in beiden Augen. Mit jener Verschiebung erweitert sich der Winkel, gehen die roten Strahlen also für die Auffassung von einem näher liegenden Punkte aus: das vorspringende Rot; mit der nasalen verengt sich die Parallaxe des Punktes, nehmen die grünen Strahlen also für das Auge von einem ferner liegenden Punkte den Ausgang: das zurückweichende Grün Rot erscheint vorspringend gegenüber Orange, Gelb, Grün, Blau und Violett, die nacheinander zurücktreten.“

Peucker führt dann weiter aus: „Auch Reinheit und Sättigungsgrad der Farben bestimmen Sinn und Grad der stereoskopischen Wirkung. Das folgt einfach aus der Tatsache, dass schon die Hell-Dunkel-, wie auch die Sättigungsreihe farbenplastische Skalen bieten. In jeder farbigen Empfindung lässt sich eine Spektralfarbe — die den Farberton gibt — und ein Anteil an Schwarz (aus der Hell-Dunkelreihe), wie ein Anteil von Weiss (aus der Sättigungsreihe) unterscheiden. Erst alle drei vereint bestimmen den Raumwert einer Farbe.“ Peucker kombiniert daher diese drei Reihen in überzeugender Weise, um damit eindeutige bestimmte Höhen- und Tiefenwirkungen der bemalten Flächen zu erstreben.

Wenn dieses Ziel erreicht werden könnte, wenn sich Peuckers Theorie als richtig erweisen würde, so wäre damit eine Hauptaufgabe kartographischer Geländedarstellung in glänzender Weise gelöst; es wäre sozusagen das Planbild übergeführt in ein senkrecht von oben betrachtetes plastisches Modell. Bei Modell und Planbild kann man sich eine Schattierung, erzeugt durch schräg seitlich einfallende Lichtstrahlen zur Verstärkung der plastischen Erscheinung hinzu denken. Eine Farbtafel in Peuckers Abhandlung über Höhenschichtenkarten zeigt seine definitive Skala. Sie steigert sich in 15 Stufen, stets satter werdend von Grau über Graublaugrün, Grün, Gelbgrün, Gelb zu leuchtendem Orange und Rot.

Aus der reichen Literatur, die sich um Peuckers Theorie gebildet hat, greife ich nur einige Äusserungen und Urteile aus den schon erwähnten Betrachtungen von Eckert und Haack heraus.

Eckert schreibt¹: „Peuckers theoretisch- und praktisch-kartographische Arbeiten bedeuten den Anfang einer neuen Ära in der Kartographie. Beim Ueberblick der Literatur über dieselben muss man sagen, dass dort, wo Einwände erhoben werden, diese doch im grossen Ganzen untergeordneter Natur sind, und dass man das Neue und Fortschrittliche der Peuckerschen Methode anerkennt, vielfach auch

¹ Kartenwissenschaft I. S. 625 u. f.

gern anerkennt. . . . Infolge der hervorspringenden und zurück-sinkenden Eigenschaften haben die Farben verschiedene Raumwerte. . . In der gesetzmässigen Anordnung der Raumwerte der Farben zur Erzeugung des plastischen Effektes liegt der Angelpunkt der Peuckerschen Theorie.“ Eckert vergleicht die Peuckersche Theorie mit der Schweizer Reliefkarte und kommt dabei zu folgenden Schlüssen: „Die Schweizer Manier zielt auf das malerische, die Peuckersche auf das wissenschaftlich eindeutige Höhenbild, jene lässt sich nur in alpinem und verwandtem Gelände meisterhaft gebrauchen, diese für jegliches Gelände, jene wirkt lediglich bei schräger Beleuchtung und kann zur Raum-Orientierung die Isohypsen nicht entbehren, diese wirkt bei jeder Beleuchtung, indem sie die Farben an sich perspektivisch wirken lässt, und bedarf nicht der Isohypsen als wissenschaftlichen Notbehelf zur Veranschaulichung der dritten Dimension.“ Er betont dann (ähnlich wie Peucker), dass die Farbe lediglich über die Höhe als solche orientiere, während der sinnfällige Eindruck der einzelnen Geländeformen, die Ziselierung der charakteristischen Linien erst durch die Schummerung oder ihren Ersatz als Schattenton oder durch den Isohypsenzug voll zur Geltung komme. Als leichte Einschränkung der Peuckerschen These stellt er fest, dass durch die Farbe in bestimmter Reihenfolge nur die ungefähre, keine absolute, Höhenlage eines bestimmten Punktes gegeben werde. Der gewünschte Höhepunkt sei wohl abschätzbar, aber nicht messbar. Eckert empfiehlt ferner eine geringe Modifikation der Peuckerschen Skala, indem er aus ästhetischen und geographischen Erwägungen das für die untersten Höhenstufen benützte Grau ausscheiden und die Skala mit einem stumpfen durchsichtigen Blaugrün beginnen lassen möchte. Er fasst dann seine Ausführung in das folgende Schlussurteil zusammen: Die Einwände, die man dem Peuckerschen System gegenüber erhoben hat und erheben kann, sind bei Lichte besehen gering und für die Erschütterung der innern Festigkeit des Lehrgebäudes belanglos; mit Leichtigkeit lassen sich auftretende Mängel und Zweifel beheben. Urteilt man auf Grund tiefer Kartenkenntnis und vorurteilsfrei über das System, muss man ehrlich und offen sagen: Ihm gehört die Zukunft, hier wird der Kartographie ein weiter gangbarer und erspriesslicher Weg gezeigt. In ihm und durch es wird zum erstenmal nach farbentheoretischen, logischen und psychologischen Grundsätzen eine Höhenplastik entwickelt, wie wir sie bis dahin noch nicht besassen. Die ausgezeichnete Schweizer-Manier lässt sich eben nur auf die Schweiz, nicht auf anders geartetes Gelände, wie das deutsche Mittelgebirge, anwenden. Das Peucker'sche System passt, wie oben erörtert, für jede Geländeform, eben weil es die Farben der Höhenplastik durch ein strenges Gesetz regelt und nicht der schwankenden Willkür des individuellen Geschmacks anheimstellt.“

Viel zurückhaltender äussert sich Haack über die Peuckersche Lehre, obschon auch er ihre wesentlichsten Grundzüge anerkennt.

Seinen Ausführungen¹ sei folgendes entnommen: „Für mich steht es auf Grund der Peuckerschen Probekarte² ausser jedem Zweifel, dass eine gutgezeichnete kräftig ausgezogene Isohypsenzeichnung mit gleichviel welcher Schichtfärbung, einzig die Verwirrung der gegensätzlichen Farben ausgenommen, jeder nur durch sich selbst wirkenden und aller anderweitigen Unterstützung baren farbenplastischen Darstellung überlegen ist.“ Er wendet sich dann in ähnlicher Weise wie Eckert gegen das Grau der Niederungen, ferner gegen das Gelb: „Von diesem Grau abgesehen, leidet die Skala daran, dass in ihr das Gelb zu sehr überwiegt. Gelb ist die hellste Farbe und macht sich deshalb stark bemerkbar überall, wo es auftritt, ausser bei künstlichem Licht, in dem es bekanntlich beinahe verschwindet. Von den 15 Stufen der „totalen Skala“ nun zeigt es die 8. als Vollfarbe, die 6. und 7. sowie die 9.—14. als mehr oder weniger starken Anteil, denn auch in den Orangestufen, in denen es nicht besonders genannt ist, bildet es stets eine Anteilfarbe. So gibt es auch dem Probekärtchen durchaus den Grundton, sodass das Kartenbild, wenigstens für mein persönliches Farbenempfinden, einen zu „giftigen“ Eindruck macht, der nur durch das stumpfe Grau der Tiefen und das reine Rot der höchsten Höhen etwas gedämpft oder gemildert wird.“ Der schärfste Vorwurf, den Haack der Peucker'schen Lehre macht, besteht darin, dass sie auf die „Flächenwertigkeit“ der Farben keine Rücksicht nehme, dass sie also gegen die Gesetze der Farbenharmonie — gegen die Gesetze von Ostwald's Farbenlehre — verstosse. Dieser Einwand führt uns vom hier gesteckten Thema und auch vom Hauptziel der Peucker'schen Lehre ab. Hier wie dort handelt es sich nicht um die an und für sich sehr berechtigten Fragen der Farbenharmonie, wie bei Ostwald, sondern einzig und allein um die Frage, ob und wie weit räumliche Sinneswahrnehmungen durch Farbendifferenzen erzeugt werden können. Peucker gelangte durch seine farbenplastischen Untersuchungen und Erwägungen zur Aufstellung einer Farbenlehre, die unmittelbar auf die spätere Ostwald'sche Farbenlehre hinsteuert. Es ist dies ein von Haack mit Recht unterstrichenes Verdienst. Wir dürfen aber ob diesem sehr bedeutenden Nebenergebnis seine ursprüngliche Problemstellung nicht vergessen. Zu unserm hier vorliegenden Thema zurückkehrend, hält Haack der Peucker'schen Behauptung der Höhenmassanschaulichkeit seiner Farbenreihe ähnliche Einwände entgegen, wie die oben zitierten von Eckert. Mit ganz besonderem Nachdruck möchte ich auf seine Schlussäusserungen hinweisen. Er sagt: „Man kann noch weiter gehen und behaupten, dass die Theorie die plastische Kraft der Farben überhaupt zu hoch ansetzt. *An der Tat-*

¹ H. Haack: Ostwalds Farbentheorie in der Kartographie. S. 214—216.

² Karte der Dolomiten östlich von Bozen in 1 : 200 000, die Peuckers Studie über Höhenschichtenkarten beigegeben ist, und die Peucker selbst als einzigen und ersten vollständigen Versuch bezeichnet, seine Theorie praktisch anzuwenden.

sache, dass sie vorhanden ist, dass es hervortretende und zurücktretende Farben gibt, ist natürlich nicht zu zweifeln, und es soll nach den gründlichen Untersuchungen Peucker's auch zugegeben werden, dass sie sich gesetzmässig bestimmen lässt. Doch darauf kommt es wohl sehr in der Farbentheorie, aber weniger in der Praxis an. Für sie ist allein entscheidend, *welche psychische Wirkung die Farbe auf den Beschauer der Karte ausübt*. Darüber aber ist es schwer, ein wirklich objektives Urteil zu gewinnen. Auch hier spielt uns das Wissen, die Voreingenommenheit wieder einen bösen Streich. Wir Kartenmenschen kennen die Höhenverhältnisse der Erdoberfläche ziemlich genau, können uns auch in weniger bekannten Gebieten aus Höhenzahlen, Fluss-System u. a. ein ungefähres Bild davon machen, was hoch und tief ist. Und dieses Wissen addieren wir unwillkürlich und uns selbst unbewusst zur plastischen Kraft jeder gesetzmässigen Skala, soweit sie jenem Bilde nicht geradezu widerspricht, hinzu. Wird diese suggestive oder assoziative Zugabe von der farbenplastischen Wirkung in Abzug gebracht oder, mit andern Worten, für den wirklich vollkommen unvoreingenommenen und in Kartendingen völlig harmlosen Betrachter bleibt vielleicht nicht viel mehr als *die einfache Tatsache bestehen, dass warme Farben hervortreten, kalte zurückweichen*.“

Manche alltägliche Beobachtung und namentlich eine Reihe von Erfahrungen während der Bearbeitung von Reliefkarten liessen mich wesentliche Teile der Peucker'schen Theorie und die Art und Weise ihrer Begründung zweifelhaft erscheinen. Einige solche Beobachtungen seien im folgenden kurz skizziert:

Wenn die Spektralfarben- oder die Hell- Dunkel- oder die definitive Peuckersche Farbreihe wirklich zwingend und eindeutig bestimmte und sicher erkennbare Raum- oder Tiefenabstufungen vortäuschen würden, so müsste sich das nicht nur in der Karte, sondern in jedem Bilde zeigen. Ein farbiges Gemälde wiese vor- und zurückspringende Partien auf, die nicht mit dem Bildinhalt harmonieren würden. In der Malerei, z. B. in der Landschafts- oder der Bildnis-malerei, wo es sich mehr oder weniger stets auch um eine räumliche Form- oder Tiefengliederung handelt, hat aber noch nie jemand die Farben im Sinne dieser beiden Farbreihen verwendet. Das berühmte Mittelstück aus Segantinis Triptichon „Werden, Sein, Vergehen“, das „Sein“¹ zeigt über einer dunkeln, zu einem geschlossenen schmalen Streifen zusammengefassten Berglandschaft einen stahlgrauen Himmel, der gegen den mittleren Horizontpunkt zu allmählich in ein leuchtendes Gelb-Orange und Gelb übergeht. Diese Farben des Himmels entsprechen genau gewissen Stufen der Peuckerschen Reihe.

¹ Ich wähle dieses Beispiel, weil es in guten Reproduktionen stark verbreitet ist, so dass dem Leser eine eigene Nachprüfung erleichtert wird.

Darnach sollten die stahlgrauen höheren Teile des Himmels weiter entfernt erscheinen, als die leuchtend gelb-orange Lichtflut. Ich stellte verschiedenen Leuten (es waren auch „Kartenmenschen“ darunter) beim Betrachten dieses Bildes einzeln die Frage, welche Teile des Himmels ihnen näher und welche weiter entfernt erscheinen, und erhielt darauf stets die Antwort, das Gelb scheine weiter entfernt. Es waren dies Antworten von Leuten, die keine Ahnung hatten, was ich mit meiner Frage wollte. Es sei vorläufig nur diese Beobachtungstatsache registriert; auf ihre psychologische Ursache werden wir noch zurückkommen. — Ferner macht man beim Bemalen oder während des Druckes von Reliefkarten oft die Beobachtung, dass unfertige Blätter, die erst die Schattierung nach schiefer Beleuchtung enthalten, eine stärkere Plastik aufweisen, als die fertigen farbigen Karten.

Solche Beobachtungen veranlassten mich der Peuckerschen Lehre näher nachzugehen. Es bieten sich uns hiezu zwei Wege: Wir können die Peuckerschen Voraussetzungen und die Logik seiner Folgerungen prüfen oder wir suchen sein Endergebnis, die Behauptung Höhendifferenz durch Farbdifferenz durch entsprechende Beobachtungen zu untersuchen. Es seien hier nacheinander beide beschritten:

Peucker sagt: Beim Blick ins Dunkle erweitert sich die Pupillenöffnung, beim Blick ins Helle verengert sie sich. Analog sei das Verhalten beim Betrachten ferner, resp. naher Gegenstände. Also erscheinen uns dunkle Flächen fern, helle nahe. Meine eigenen Beobachtungen über die Pupillenbewegung beim Anblick naher und ferner Gegenstände führten zu keinem sichern Ergebnis; bei einzelnen Personen schien es so, bei andern eher umgekehrt. Exakte Messungen hierüber müssen den Physiologen überlassen werden. Aber selbst unter der Annahme, dass diese Peuckersche Behauptung richtig sei, ist der Schluss, den er daraus zieht, höchst zweifelhaft. Es ist in keiner Weise festgestellt und erscheint nicht einmal wahrscheinlich, dass die Pupillenbewegung einen Einfluss auf unser Distanzwahrnehmen haben soll; denn die Pupille entspricht einer Blende, die vor unsern eigentlichen Aufnahmeapparat gestellt wird, lediglich um mehr oder weniger Licht hineinzulassen. Beim Betrachten eines viel- und engfleckigen Kartenbildes könnte uns ausserdem ein heller Fleck höchstens dann näher erscheinen, wenn sich die Pupille durch seine Fixierung zusammenzöge, was kaum der Fall ist, da die Pupillenöffnung von der *Gesamt*-Lichtmenge, die aus unserm Gesichtsfeld ins Auge tritt, abhängig ist, und nicht von den einzelnen kleinen und kleinsten Licht- oder Schattenteilen in demselben. In der physiologischen und psychologischen Literatur wird denn auch diese Erscheinung nirgends als Faktor der Raumwahrnehmung angeführt.

Nun die Stereoskopie der Spektralfarben, das vortretende Rot und das zurücktretende Blau oder Grün infolge der ungleichen Strahlenbrechung und des unsymmetrischen Baues des einzelnen Auges: Peucker gibt in keiner seiner Schriften eigene physiologische Unter-

suchungen über den Bau und die Wirkungsweise des Auges bekannt, sondern er stützt sich auf die erwähnte Abhandlung von Einthoven über Stereoskopie durch Farbdifferenz. Auch der zitierte Brückner'sche Aufsatz ist nicht das Resultat eigener Forschungen, sondern eine Berichterstattung über Einthovens Ergebnisse. Liest man nun aber Einthovens Originalaufsatz, so ist man erstaunt, feststellen zu müssen, dass sehr wesentliche Teile desselben sowohl bei Brückner, wie auch bei Peucker verschwiegen werden. Wohl besteht die geschilderte Asymmetrie und Stereoskopie, aber sie wirkt, wie Einthoven ausführlich darlegt, nicht für alle Personen im gleichen Sinne und gleich stark und ist von der individuellen Pupillenlage abhängig. Es wurden Beobachtungsversuche mit verschiebbaren roten und blauen Buchstaben auf schwarzem Grunde angestellt. Einthoven schreibt¹: „Ich habe bei etwa dreissig Personen auf einen Abstand von 3 m die relative Lage von Rot und Blau näher bestimmt. . . . Das Ergebnis ist, *dass ungefähr die Hälfte Rot vor Blau und die andere Hälfte Blau vor Rot sieht*. Fast alle erklären, dass sie einen Unterschied sehen. Vielen ist die Erscheinung gleich deutlich. Bei etwa zehn war der Eindruck schwächer, sie waren wenigstens anfangs unsicher. Nur zwei erklärten ganz bestimmt, dass auch beim abwechselungsweisen Fixieren der roten und der blauen Buchstaben keine Abstandsdifferenz entstände; sie sahen aber bei temporaler Bedeckung (d. h. künstlicher Verschiebung der Pupillen gegen die Schläfen) unmittelbar Blau vor Rot, bei medianer (künstlicher Pupillenverschiebung gegen die Nase) Rot vor Blau.“ Es ist umso unverständlicher, dass diese grundlegenden Feststellungen Peucker entgangen sind, als gerade sie es waren, die Einthoven auf den Gedanken geführt hatten, es könne sich nicht um eine (monokulare) Akkommodationserscheinung, sondern müsse sich um Stereoskopie handeln; denn Akkommodation würde sich bei allen Augen im selben Sinne bemerkbar machen, was in auffallender Weise *nicht* der Fall war. Peucker gibt immerhin zu,² dass diese Theorie der Stereoskopie durch Farbdifferenz weit davon entfernt sei, zur Synthese eines exakt farbenplastischen Kartenbildes auszureichen. Vor den nach seiner Skala erstellten Karten verschwinde die ganze Erscheinung beim einäugigen Sehen keineswegs; die Unterscheidbarkeit der Höhenunterschiede bleibe hier unwillkürlich auch bei monokularer Betrachtung. Einthovens physiologische Erklärungstheorie und seine kartographische Darstellungstheorie seien in mehr als einem Sinne zweierlei. — Mit diesen in eine Fussnote gesetzten Aeusserungen widerspricht Peucker direkt dem Wortlaut seines eigenen Textes. Dort erklärt er die Raumwirkung der Spektralfarben absolut klar als Stereoskopie (Netzhaut-Querdisparation), hier als monokulare Erscheinung. Für diese letztere bleibt er uns jegliche Erklärung schuldig. Unbeirrt durch seinen eigenen Einspruch fährt er

¹ Einthoven: S. 223—224.

² Peucker: Höhenschichtenkarten S. 40.

jedoch fort auf der Stereoskopie durch Farbdifferenz seine Theorie aufzubauen. —

Einthoven stellt im weiteren Verlauf seiner Untersuchungen noch folgendes fest¹: Auch der Betrag dieser Stereoskopie durch Farbdifferenz ist nicht für alle Beobachter und alle Bilddistanzen derselbe. Bei einer Bilddistanz von 3 m (was für Handkarten nicht vorkommt) schwankten die von verschiedenen Personen wahrgenommenen Tiefenunterschiede für reines Rot und Blau auf tiefschwarzem Grunde von 1 bis 10 cm. Mit abnehmender Bilddistanz nehmen diese Beträge stark ab (offenbar eine Folge des mit kleiner werdenden Bilddistanzen mehr und mehr überwiegenden Einflusses des gewöhnlichen binokularen Sehens). Ferner „tritt der Abstandsunterschied roter und blauer Bilder weit weniger deutlich hervor auf *weissem* (Karte!), als auf schwarzem Hintergrunde,“ was durch Einthoven eingehend belegt und begründet wird. Es bleibt also für Farben aufweissem Papier in geringen Distanzen nur noch ein kleiner Rest dieser Stereoskopie und dieser Rest schrumpft nochmals bedenklich zusammen, wenn wir, statt der grellen Farbenkontraste des spektralen Rot und Blau, Farben-Zusammenstellungen wählen, wie sie in der Karte praktisch möglich sind ohne allzusehr jedem ästhetischen Empfinden ins Gesicht zu schlagen. Schliesslich übt die ganze weitere, unerlässliche Kartenzeichnung, Schichtlinien, Situation, Schrift, Schummerung oder Schraffur nochmals einen störenden und ausgleichenden Einfluss aus auf die Reinheit der Höhenschichtenfarbe. Fassen wir alle diese Feststellungen zusammen, so kann man wohl ohne Uebertreibung sagen, dass der nutzbare stereoskopische (querdisparate) Effekt der Farben in der Karte gleich Null ist. Einthoven schliesst selbst aus seiner Untersuchung: „Der erste Anlass zu unserer Untersuchung lag in der Frage, ob der Maler, von der Luftperspektive abgesehen, den Farbunterschied zur Förderung der Tiefenvorstellung benützen könne: Nach der Akkommodationshypothese, welche denselben Einfluss des Farbenunterschiedes auf alle Personen voraussetzte, wäre dies allerdings zu bejahen. Es hat sich aber gezeigt, dass dieselben Farben bei verschiedenen Personen einen entgegengesetzten Einfluss auf die Tiefenvorstellung haben. Einigen scheinen, wie unsere farbigen Buchstaben dartun, warme, anderen kalte Farben näher: Da aber die Ferne durch die Luftperspektive kälter gefärbt wird, pflegt man mit jener kalten Farbe die Vorstellung grösserer Entfernung zu verbinden.“ Dies ist nicht mehr Stereoskopie, sondern eine Angelegenheit von Beobachtungserfahrung und Vorstellungsreproduktion. Wenn dann Einthoven weiterfährt: „Es ist höchst wahrscheinlich, dass man diese Neigung auch auf die Farbe näher liegender Objekte überträgt, wobei von Luftperspektive die Rede nicht sein kann,“ so drückt er damit plötzlich eine unbewiesene Vermutung aus, die seinen eigenen Fest-

¹ Einthoven S. 214, 223—24, 230—32, 236.

stellungen und meinen darüber angestellten Beobachtungen widerspricht. Die spätere physiologische und psychologische Literatur erwähnt denn auch nirgends die Farbdifferenz an und für sich als Mittel der Raumwahrnehmung. Erinnt man sich an das stolze Gebäude, das Peucker auf so schwankendem Grunde errichtet hat, erinnert man sich an die behauptete „absolute Massanschaulichkeit“ seiner Farbskala, so gewinnt man zum mindesten den Eindruck, der Berg habe eine Maus geboren.

Von den drei Peucker'schen Ausgangselementen bleibt auch nach Einthoven nur die Luftperspektive. Es ist dies eine Erscheinung, die schon lange vorher erkannt und sowohl theoretisch, wie praktisch für die Reliefkartenzeichnung herbeigezogen worden ist (Leuzinger, Becker, Randegger, Kümmerly und andere).

Sehen wir nun zu, wie Peucker seine drei Farbreihen vereinigt und ihnen Schattierungen beigibt, so stossen wir auch hier wieder auf Widersprüche:

Für die Helligkeitsreihe sagt er: je heller desto höher, für die Sättigungsreihe: je farbensatter desto höher. Diese zwei Sätze widersprechen sich nicht nur für das Blau, wie es Peucker zugibt, sondern für *alle* Farben. Jede Farbe wird bei zunehmender Sättigung dunkler. Kaum spürbar ist diese Verdunkelung nur bei der hellsten aller Farben, beim Gelb. Diese bleibt auch in voller Sättigung hell. Sehr deutlich spürbar ist jedoch die Verdunkelung vor allem auch beim Rot¹. Ein Blick auf die definitive Peuckersche Skala zeigt, dass aus derselben die gelben Töne am auffallendsten herausleuchten. Wertvoll für unsere später zu ziehenden Folgerungen ist die Art und Weise wie Peucker sich mit der als Folge der Sättigung eintretenden Verdunkelung des Blau abfindet. Er sagt²: „Nehmen wir eine Sättigungsreihe von Preussischblau. Was zeigt sich da? Die Reihe entwickelt sich nach dem zweiten Gesetz in steigendem — weil ins Satte, nach dem ersten aber in fallendem Sinne — weil ins Dunkle hineingehend. Das will sagen: Die Auffassung gerät hier ins Schwanken, das Bild ist nicht eindeutig; es findet ein Widerstreit der optischen Eindrücke statt. — Wir verstehen nun sofort, wie es geschehen konnte, dass sich in der Kartographie bis heute die Prinzipien „je höher, desto dunkler“ und „je höher, desto heller“ gegenüberstehen. Es ist eben beides richtig *und falsch* zugleich. Die exakte Kartographie aber hat die Aufgabe, jeden Widerstreit der Eindrücke von vorneherein auszuschalten. . . . Das nächstliegende Mittel, um das Bild eindeutig zu machen, ist die Wahl von Naturfarben. Es handelt sich um die Darstellung von Flächen ungleicher Wassertiefe. Die Naturfarbe des Wassers ist blau. Das Bild wachsender Wassertiefen zeigt sich also als Sättigungsreihe in Blau, und das Augenmass gerät hier in der

¹ Vergleiche die gegenteilige Behauptung Peuckers in „Höhenschichtenkarten“ Seiten 36—37.

² Höhenschichtenkarten Seite 35 und 36.

höhenplastischen Deutung nicht ins Schwanken, weil der Eindruck einer in die Tiefe gehenden Verdunkelung über den einer emporsteigenden Sättigung ein entschiedenes Uebergewicht erhält *durch die Wiedergabe eines lebendigen Natureindrucks*“. Wo die Grundsteine, aus welchen Peucker seine Theorie aufbaut, sich also nicht zusammenfügen wollen, da setzt er sich darüber hinweg im Sinne des bequemen, aber unwissenschaftlichen Sprichwortes „die Ausnahme bestätigt die Regel“, er gesteht, dass ein lebendiger Natureindruck diese vorher entwickelten Grundgesetze umzustossen vermöge, und dass insbesondere seine Lehre „je höher, desto heller“ zugleich richtig und falsch sei¹.

Ein weiterer Einwand: Peucker sagt, der Höhenwert einer Farbe sei bedingt durch den *Farbton* (Rot, Gelb etc.), *Farbsättigung* und *Helligkeit*. Aus diesen drei Elementen leitet er eine definitive Skala ab; Geländehöhendifferenzen werden ausgedrückt durch verschiedene Stufen dieser Skala; gleiche Höhenlagen fallen in die gleiche Farbstufe etc. Nun kombiniert er diese Färbung mit Schattierungen, ohne zu bedenken, dass die grauen Schattenflecken den stereoskopischen Höhenwert einer Farbe — wenn ein solcher existierte — völlig verändern würden; denn wird irgend eine Farbstufe seiner Skala, zum Beispiel die Stufe 5, auf den Schattenseiten mit einem grauen Ton belegt, so kann der „stereoskopische-höhenplastische“ Wert dieser daraus resultierenden veränderten Farbfläche nicht mehr der gleiche sein, wie auf den unschattierten Lichtseiten.

Wir wollen uns mit diesen Feststellungen und Ueberlegungen noch nicht zufrieden geben, sondern den schon von Einthoven beschrittenen Weg des experimentellen Versuches weiter verfolgen. Solche Versuche werden das bisher Gesagte bestätigen und die Fragen der Farbenplastik noch nach anderer Seite hin klären. Wir müssen möglichst *unvoreingenommene* Beobachtungen anstellen; denn nur solche sind schlüssig. Wir Geographen und Kartographen sind, wie dies Haack in seinen oben zitierten Aeusserungen mit Nachdruck betont, in den Fragen, um die es sich hier handelt, nicht unbeeinflusst. Wir sehen bewusst oder unbewusst alles durch die Brille des Angelernten und Angewöhnten. Wir müssen Leute beobachten lassen, die nicht wissen, um was es sich handelt und ferner müssen wir die raum- und formgestaltenden Werte von Farben und Schattierungen möglichst an solchen Gebilden beobachten lassen, die nicht an Geländeformen erinnern.

¹ Noch unkonsequenter sind seine Bemerkungen über das Blau auf Seite 39 seiner Abhandlung. Er nimmt dort Blau an als Naturfarbe für den *Wasserspiegel* und sagt: „*Die Abbildung der Höhenunterschiede in der Lage der Seen dürfte nicht das verdunkelnde Sättigungsprinzip benützen, sondern die aufsteigende Sättigungsreihe.*“ Also eine Sättigung des Blau, ohne dabei dunkler zu werden? Wie soll man sich dies vorstellen? Gemeint ist wohl ein Hellerwerden mit wachsender Meereshöhe des Seespiegels; dies ist aber nicht mehr eine Sättigung, sondern eine Entsättigung des Blau.

Es seien an einigen Beispielen solche Beobachtungsversuche geschildert und ihre Ergebnisse mitgeteilt¹:

Man nimmt eine längliche Kiste, entfernt eine ihrer Seitenwände, um genügend Licht in das Innere eintreten zu lassen, und macht in die vordere Wand zwei kleine Löcher, durch die man mit einem oder mit beiden Augen hineingucken kann. Auf der Innenfläche der entgegengesetzten Wand oder etwas vor derselben werden nach Belieben verschiedene Farbflächen oder Figuren angebracht. Zwischen diese und die Gucklöcher hinein schiebt man eine dritte Wand mit kleinen Fensterchen, die den Blick auf einzelne Teile der Rückwand ermöglichen. Die Sache lässt sich so einrichten, dass man z. B. durch 9 Fenster sowohl beim ein- wie beim zweiäugigen Beobachten auf 9 verschiedene glatte Farbflächen sieht, deren äussere Begrenzungen jedoch nicht sichtbar sein dürfen. Auch müssen irgendwelche natürliche Schattenwirkungen vermieden werden und alle Flächen gleich gut beleuchtet sein. Auf jeder dieser Flächen muss eine Fixiermarke eingetragen werden, z. B. ein sehr feines Strichkreuzlein oder ein Punkt, um beim binokularen Sehen die Möglichkeit zu schaffen, beide Augen auf identische Bildteile einzustellen. Wird dies unterlassen und ist sowohl das Papier völlig glatt, ohne wahrnehmbares Korn², als auch der Farbauftrag völlig homogen, so ist es auch beim binokularen Sehen unmöglich, irgend einen bestimmten Distanzeindruck festzuhalten; wir empfinden eine sogen. „unbestimmte Tiefe“. Sechs Farben werden genau verschiedenen Stufen der Peuckerschen (totalen) Skala nachgebildet; drei andere Felder entsprechen einer Hell-Dunkelreihe. Man fragt einen Beobachter, der nicht weiss, dass alle Farbflächen tatsächlich in einer Ebene liegen, welche er näher und welche er entfernter sehe, und wie weit sie gegeneinander verschoben seien. Alle Nebenumstände und Beeinflussungen sind bei dieser Beobachtung ausgeschaltet; es wirkt nur noch der Farbton. Diese Versuche werden mit einer grössern Anzahl von Personen angestellt, und zwar binokular, wie es der Kartenbetrachtung entspricht, und monokular. Wenn die Peuckersche Skala wirklich ein sicheres Distanzunterscheiden ermöglichte, so sollten bei allen oder den meisten Beobachtern übereinstimmende Aussagen erfolgen. Dies war bei meinen Ver-

¹ Die Ergebnisse dieser schon längere Zeit zurückreichenden Versuche wurden im Schweizerischen Geographielehrerverein am 6. Oktober 1924 in Basel zum erstenmal mitgeteilt, noch unbeeinflusst durch die zitierten und erst nachher erschienenen Aeusserungen von Haack auf S. 215—16 des Geographischen Anzeigers 1924. Auch war mir damals der Inhalt von Einthovens Untersuchung noch nicht bekannt. Wenn meine Versuche zu Ergebnissen geführt haben, die mit denjenigen von Einthoven in den wesentlichen Punkten übereinstimmen, und wenn Haack unabhängig davon ähnlichen Gedanken Ausdruck verliehen hat, so sehe ich für mich darin eine Bestätigung der Richtigkeit und Nützlichkeit des beschrifteten Weges.

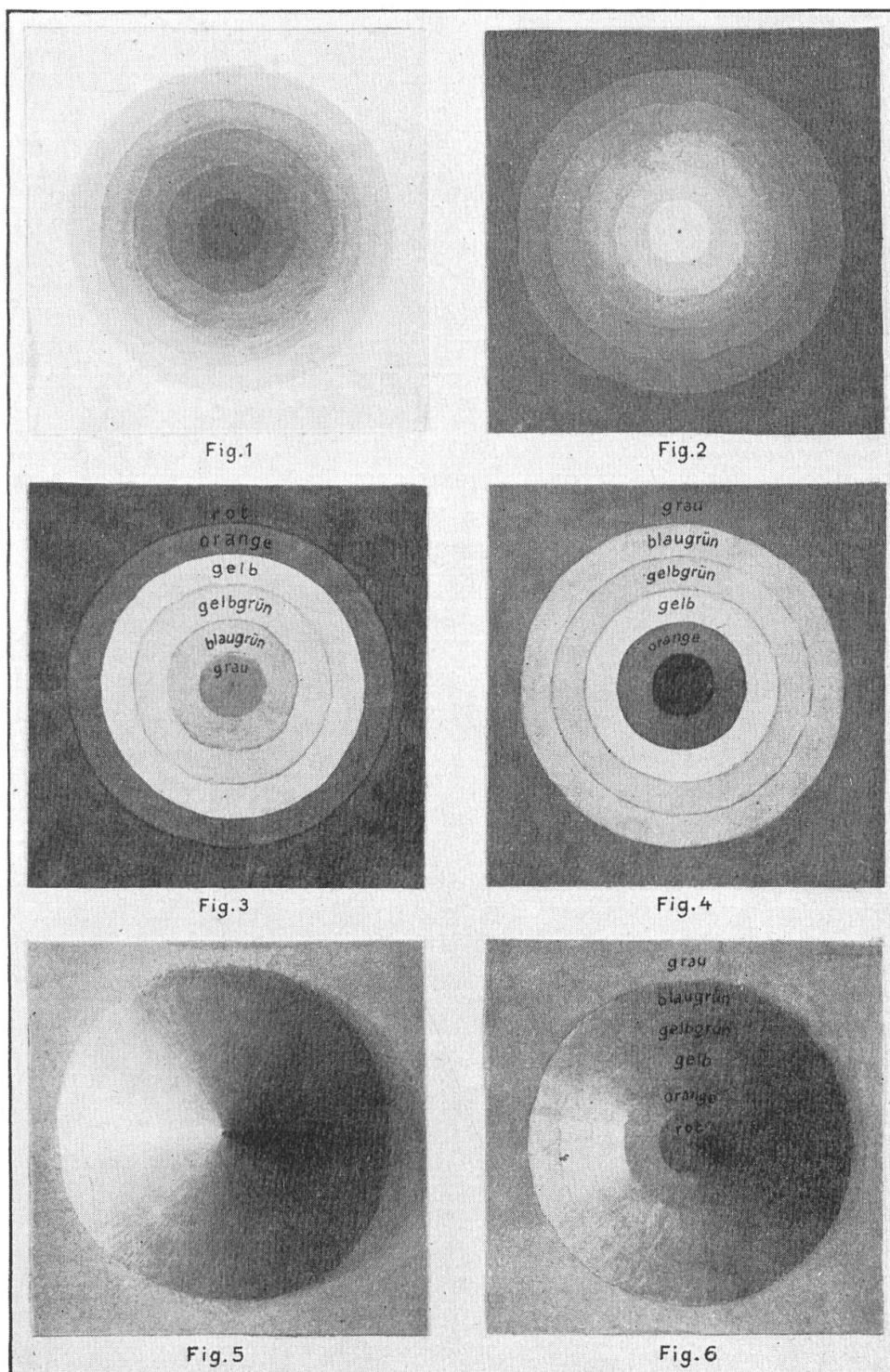
² Ein wahrnehmbares Papierkorn lässt sofort auch beim einäugigen Sehen Distanzen schätzen, infolge der mit wachsender Distanz sich verfeinernden Korngrösse. Es ist dies eine linearperspektivische Erscheinung.

suchen — ähnlich wie bei Einthoven — nicht der Fall. Bei monokularem Beobachten antworteten einige unsicher, das könne man nicht sagen, man sehe alles gleich weit weg. Andere stufen ungefähr nach der Helligkeit ab und zwar ebensowohl in der Reihenfolge: je heller desto näher, wie auch je dunkler desto näher. Beim binokularen Beobachten lauteten einzelne Antworten ähnlich; die weitaus überwiegende Zahl stimmte jedoch darin überein, dass alle Flächen gleich weit entfernt seien (eine Folge des gewöhnlichen stereoskopischen Sehens, da es sich hier um Bilddistanzen von nur etwa 30 cm handelte). Wenn, insbesondere beim monokularen Beobachten und sehr hellen oder dunkeln Flächen, einzelne derselben weiter entfernt geschätzt wurden, handelte es sich in der Regel nicht um geringe Distanzunterschiede, sondern um sehr grosse, um viele Meter oder sogar viele hundert Meter! Solche Antworten sind sehr bezeichnend. — Zu ähnlich negativen Ergebnissen führten Beobachtungen mit sattem und entsättigtem Rot, sattem und entsättigtem Grün u. s. w.

Eine weitere Gruppe von Beobachtungen: Man betrachtet auf gleiche Weise durch entsprechende Fenster der Guckkiste nicht einzelne Töne oder Farben, sondern Farb- und Helligkeitswechsel innerhalb einer einzelnen Figur. Um nicht sofort Erinnerungen an natürliche topographische Flächen zu wecken, verwende ich 6 in der Tafel I dargestellte kreisähnliche Gebilde. Die im Original farbigen Figuren 3, 4 und 6 enthielten in konzentrischen Kreisringen die wichtigsten Stufen der totalen Peuckerschen Skala in der angeschriebenen Reihenfolge; Figur 6 war ausserdem in ähnlicher Weise schattiert, wie die Figur 5. Es empfiehlt sich, solche Versuche nicht bei sehr heller Beleuchtung anzustellen, sondern bei leicht dämmerigem Zimmerlicht, da bei zu grellem Licht das Stoffliche von Papier und Farbauftrag, unvermeidliche Unregelmässigkeiten in der Bemalung etc. allfällige Raumillusionen zum vorneherein beeinträchtigen können.

Bei binokularer Beobachtung sehen die meisten Leute in den Figuren 1 und 2 nichts anderes als dunkle oder helle Flecken. Monokular jedoch wird Figur 1 oft als Vertiefung gedeutet, was der Helledunkelreihe entsprechen würde, aber merkwürdigerweise auch die Figur 2, was wieder in direktem Widerspruch dazu steht. Fragt man, wie tief diese Löcher seien, so erhält man zur Antwort: sehr, sehr tief, sie sehen aus wie Röhren, bei Figur 1 wie wenn man in einen dunkeln Tunnel hineinblickt, bei Figur 2 wie wenn man aus dem Innern eines Tunnels gegen den hellen Ausgang schaut. Die Figur 3 sollte nach Peucker als Trichter, die Figur 4 als Kegel erscheinen. Die meisten Leute sagen, sowohl bei monokularer, wie bei binokularer Betrachtung, man sehe „Schützenscheiben“! Die Figur 5 (schiefe Beleuchtung) wurde ausnahmslos als Kegel gedeutet (denkbar wäre hier auch die Beobachtung als Trichter, wenn die Lichtrichtung unbewusst, statt von links, von rechts her angenommen und der leicht angedeutete Schlagschatten weggelassen würde). Eine entsprechende Kegelform

Tafel I.



bei Annahme genau senkrechter Beleuchtung böte das Bild einer homogenen grauen Kreisscheibe, höchstens mit einem hellen Punkt in der Mitte. Figur 6 (Peuckersche Farbstufen vereinigt mit schiefer Beleuchtung) wurde ebenfalls als Kegel angesprochen, jedoch „weniger deutlich und weniger hoch und steil“.

Solche Hell-Dunkel- und Farbzusammenstellungen lassen sich beliebig vermehren. Unwillkürlich wird bei ihrer Betrachtung Anschluss gesucht an irgend einen bekannten Natureindruck. Gelingt uns das, so beurteilen wir dementsprechend, und bald erscheinen *diese* Töne vorn, bald *jene*, je nach dem Gebilde oder der Erscheinung, die durch unsere Figur oft völlig unbewusst in Erinnerung gerufen wird. Diese Feststellungen zeigen, dass die optischen Raumwerte der Farbtöne im Sinne Peuckers zum mindesten so unsicher und so wechselnd sind, dass sich darauf keine *eindeutige*, bestimmte und unmittelbar sichtbare Tiefengliederung aufbauen lässt, die mit der Anschaulichkeit der Horizontaldimensionen irgendwie zu vergleichen wäre. Farbe und Ton oder Farb- und Tonwechsel an und für sich erzeugen keine absoluten eindeutigen Raumwerte oder Distanzunterschiede; sie gliedern ein flaches Papier nicht *eindeutig* in die Tiefe und legen es nicht in Falten. Wenn man von leuchtenden, grellen, auffallenden, in die Augen springenden, hervortretenden Farben spricht, so sind diese Begriffe, insbesondere die beiden letztgenannten Redewendungen, nicht immer identisch mit hervortretend im räumlichen Sinne.

Das heisst aber nicht, dass Höhenschichtenfarben für die Kartengeländedarstellung wertlos seien. Denn einerseits besteht die geographische Notwendigkeit mit ihrer Hilfe verschiedene Höhenzonen übersichtlich zu gliedern, im Sinne mittelbarer Anschaulichkeit; je nach Masstab, Zweck und Gebiet legen wir damit etwas in die Karte, was uns auch die allervollkommenste unmittelbare Anschaulichkeit, die entsprechende Betrachtung eines formtreuen Modelles meist nicht sicher zu geben im Stande wäre. Andererseits brauchen wir die Farben, um die mehrfach erwähnten Anlehnungen an landschaftliche Erinnerungen und Erfahrungen zu erleichtern, wodurch indirekt, durch die Vorstellungsreproduktion, gewisse Raum- und Formeindrücke verstärkt werden können.

Eine solche landschaftliche Erscheinung, die man sich sehr beschränkt und nur in ihrer allergrößten Zusammenfassung in die Karte übertragen denken kann, ist die *Eigenfarbe der topographischen Oberfläche*, so wie sie aus der Ferne, z. B. von einem Berggipfel aus betrachtet, erscheint. Weiss für Firn und Gletscher, Blau für Wasserflächen, helles Grau, Braun oder blasses, stumpfes Lila für kahle Fels- und Steinflächen, bräunliches, rötliches oder gelbliches Grün für die höchsten, oft dünnen Alpweiden, blaueres Grün für die tieferen, saftigeren Vegetationsgebiete. Weiss und Blau für Schnee und Wasser werden streng diesen Gebieten entsprechend verwendet, die übrigen

Farben mehr modifiziert und meistens höhenschichtenweise, um die, den verschiedenen Höhenstufen im grossen ganzen zukommenden Naturfärbungen anzudeuten. Da in der Natur gewisse Beziehungen unverkennbar sind zwischen Höhenlage, Berg- oder Tallage, Oberflächenbeschaffenheit (Schnee, Wasser, Fels, Gras etc.) und landschaftlicher Oberflächenfarbe, so ist es leicht möglich, dass gewisse Farben in der Karte eine plastische Illusion, wenn auch nicht erzeugen, so doch festigen und verstärken können. Es ist dabei schwer festzustellen, ein wie grosser Anteil dieses Farbeffektes auf solcher Naturanlehnung beruht und wie viel auf der übrigen assoziativen Uebertragung, auf unserer schulmässigen Angewöhnung, diese oder jene Farbe so oder anders zu deuten. Der unbewusste Einfluss unseres angelernten Wissens, unserer Angewöhnung, scheint mir hier bedeutend zu überwiegen. Der erste, welcher Naturfarben in die Karte zu bringen suchte, war Emil von Sydow; er tat dies jedoch mit seinen „Regionalfarben“ in sehr stark konventioneller Form, indem er grösste geographische Landschaftstypen durch bestimmte Farben auseinanderhalten wollte (Tieflandsgrün etc.). In viel engerer Anlehnung an das Naturbild, in manchmal fast impressionistischer Art, sucht gelegentlich die neue Schweizer Reliefkarte sich die Farbe nutzbar zu machen, wobei man aber oft noch bedeutend weniger als Sydow höhenzonenweise vorgeht, sondern in freier Gestaltung, z. B. durch Kontrastwirkungen, Schattierungseffekte erstrebt (Schweizer Schulwandkarte 1 : 200'000 von H. Kümmerly) oder sogar ganze Naturstimmungen und Jahreszeiteneindrücke in die Karte zu projizieren sucht (Exkursionskarte von Jerusalem und Mitteljudäa 1 : 100,000 von F. Becker, Lith. u. Druck von Kümmerly & Frey, Bern; Winterreliefkarte von Klosters 1 : 50'000 des Art. Institut Orell Füssli, Zürich, etc.).

Eine weitere landschaftliche Erscheinung, die in der Karte durch Farben und Töne leicht nachgeahmt werden kann, ist die schon mehrfach erwähnte und auch von Peucker herbeigezogene *Luftperspektive*. In der freien Landschaft findet sowohl von vorn nach hinten, wie auch von oben nach unten eine Abdämpfung der Farbinintensität, der Farb- und der Schattierungsgegensätze statt. Diese Erscheinung tritt nur dann deutlich hervor, wenn wir flach in die Landschaft hinein sehen; bei Steilansichten, die dem Kartenbild entsprächen, z. B. in photographischen Fliegersteilaufnahmen, gewahren wir sie kaum, da die Trübung durch die Luft dann zu gering ist. Unser luftperspektivisches Empfinden richtet sich jedoch nach unserer täglichen Erfahrung, und diese gewinnen wir, solange wir am Boden kleben, aus der Flachansicht. Der Kartograph überträgt daher diese Erscheinungen der Flachansicht auf sein Reliefbild, obschon dieses einer Steilansicht, einer Daraufrsicht, entspricht. Wir haben also gegen die Taltiefen Farben, Lichter und Schatten mehr und mehr zu dämpfen und in einen blaugrauen, milchigen Ton übergehen zu lassen und zwar müssen wir in kleinmasstabigen Karten, welche weiter entfernten

Landschaften entsprechen, das ganze Bild stärker dämpfen, als bei grossen Masstäben.

Wir sind in den geschilderten Beobachtungen ebener Bilder einige-
male auf Distanzschätzungen, auf die Wahrnehmung räumlicher Ein-
drücke gestossen, die sich mit keinem der bisher angegebenen Mittel
erklären lassen, wo weder Grösse, Form und parzielle Deckung be-
kannter Gegenstände, weder Linear- oder Luftperspektive, noch
naturähnliche Körperfarbe die Erfahrungsursache sein konnte, und
die auch nicht durch den im folgenden Kapitel zu betrachtenden
Licht- und Schattenwechsel erzeugt wurden, wie er auf jeder krum-
men Körperoberfläche unter gewissen Beleuchtungen mehr oder
weniger in Erscheinung tritt. Solche Beobachtungen waren: Die
scheinbare grössere Entfernung des gelben Lichtbogens gegenüber den
grauen Himmelsteilen im erwähnten Gemälde von Segantini, die Er-
fahrung bei den Guckkastenversuchen, dass einzelne besonders helle
oder dunkle homogene Flächen sehr weit entfernt erschienen, die
Deutungen der Figuren 1 und 2 der Tafel I als Röhren- oder Tunnel-
Ein- und Ausblicke. — In einem etwas dämmerigen (um das Stoffliche
des Versuches zu verschleiern) Raume lege man ein schwarzes oder
ein dunkelblaues Papier auf den Fussboden und auf dieses ein klei-
neres, schmales, helles, z. B. hellrotes Papierstück. Man beobachte
einäugig; ich machte dabei mehrheitlich die Erfahrung, dass das helle
Papierstück vertieft gesehen wird, wie durch einen Schlitz im dunkeln
Papier hindurch. Bei allen diesen Beobachtungen handelt es sich
um sehr starke Hell-Dunkelkontraste. In einigen Fällen erscheint
eine sehr helle Fläche in sehr dunkler Umgebung; es sind gewisse
„Fenster- oder Schlitz-Erscheinungen“. Man blickt aus dunkler eigener
Umgebung, aus dunklem Vordergrund durch eine Oeffnung in eine
hellbeleuchtete Ferne. Es ist dies eine Erscheinung, die uns jeden
Tag begegnet und daher sehr geläufig ist, z. B. der Blick aus einem
dunkeln oder dämmerigen Zimmer durch eine Türspalte in einen
hellbeleuchteten Korridor, durchs Fenster ins Freie bei Tageslicht, der
Blick aus dem verdunkelten Zuschauerraum des Theaters auf die
hellerleuchtete Bühne etc. Beim Segantini-Gemälde könnte man sich
die Fernwirkung des Gelb denken als unbewusste Uebertragung der
bekannten Naturerfahrung des scheinbar abgeplatteten Himmels-
gewölbes; ich glaube aber die Hauptursache liegt auch hier in dieser
Fenstererscheinung, die durch den naturgemäss vor dem dahinter auf-
tauchenden Himmelsgewölbe liegenden Berghorizont verursacht wird,
wobei sich die grauen äussern Himmelsteile mit diesem Horizontstück
zu einer dunkeln fensterartigen Umrahmung vereinigen, weshalb sie
uns näher scheinen, als das Gelb. Solche oder ähnliche Effekte und
Distanztäuschungen kommen in Kartenblättern nie zustande; sie wären
dort auch völlig sinnlos. Diesen Bildern steht eine zweite,
ebenfalls allgemeine und typische Erscheinungsgruppe gegenüber,
statt des Durchblickes *gegen* das Licht vom Dunkel in Helle, der

Blick *mit* dem Licht aus hellem Vordergrund gegen einen geschlossenen leicht verdunkelten Raum, z. B. gegen eine fensterlose dämmerige Zimmerecke. Der Bildgrund ist hier halbdunkel. Liegen nun verschiedene Gegenstände zwischen uns und diesem Hintergrunde, so gewahren wir eine zunehmende allgemeine diffuse Beschattung, je mehr sich die Gegenstände von uns entfernen. Durch die nach rückwärts zunehmende Dämmerung werden die Farbkontraste und die Schattierungsgegensätze gedämpft. Helle Flächen dunkeln nach rückwärts, aber auch dunkle Bildteile, wie sie etwa als Schlag- und Selbstschatten infolge einer mit unserer Blickrichtung nicht genau übereinstimmenden Lichtrichtung immer auftreten, werden verwischt durch ein allgemeines diffuses Grau. Es entspricht dies der alten, in der Malerei längst erkannten Wahrheit: beim hellsten Licht steht der tiefste Schatten. Aehnliche Effekte mit starker Tiefenwirkung weisen als Beispiele einige Rembrandt-Gemälde und Radierungen auf, so z. B. die Personen des berühmten Hundertguldenblattes. Im Gesamteindruck herrscht hier mit wachsender Raumtiefe wohl überall die Verdunkelung der Lichter gegenüber der Auflösung und Aufhellung der Schatten vor, und dies umso eher, je genauer Licht- und Blickrichtung zusammenfallen. Entsprechende Versuche lassen daher leicht verschieden abgestufte hellgraue kleine Papierstücke auf dunkelgrauen grösseren Flächen vorn erscheinen, wenn die Kontraste nicht zu scharf sind, so dass nicht der vorher erwähnte „Schlitz- oder Fenstereindruck“ entsteht. Diese typische und häufige Erscheinung hat offenbar Peucker in seiner Ansicht „je heller, desto näher“ bestärkt. Richtig ist aber nicht, je heller desto näher, sondern je schärfere Licht- und Schattenkontraste, je schärfere Farbgegensätze, je schärfere Zeichnung, desto näher. Diese „*Dämmerungs- oder Deutlichkeitsperspektive*“ des geschlossenen Raumes ist daher eine der Luftperspektive der freien Landschaft verwandte Erscheinung. Wenn wir entsprechende Effekte auf die Karte übertragen, so haben wir bei der letzteren mehr die Landschaft selbst im Auge, bei der ersteren einen ins Zimmer gestellten Gegenstand, das Modell. In beiden Fällen wird in der zeichnerischen Ausführung die perspektivische Erscheinung bewusst übertrieben und dadurch eine allgemeine Höhen- und Tiefengliederung gefördert. Der Unterschied besteht nur darin, dass die Luftperspektive mit wachsender Distanz heller und blauer färbt bis zu einem gewissen blaugrauen hellen Dunstton. Dieser Ton der Ferne ist je nach den atmosphärischen Verhältnissen bald bräunlich trübe, bald silberig grau oder bei klarer Luft fast rein blau. Es wird daher, um ihn nachzuahmen, den satten Farben nicht nur Weiss, sondern auch Blau und vielleicht etwas Grau beigemischt. Die Dämmerungsperspektive hingegen verdunkelt stärker. Ihr Grundton ist ein mehr oder weniger dunkles Grau, das in der Karte aus leicht einzusehenden Gründen nie zu dunkel angenommen werden darf. Aus diesem Grau heraus findet im allgemeinen eine höhenschichtenweise Aufhellung

statt, mit Ausnahme der Schatten (bei Geländeschummerung in schiefer Beleuchtung); diese erscheinen umso dunkler und schärfer, je mehr sie aus der grauen Niederung zum Licht emportauchen. Beide Prinzipien, Luftperspektive und Dämmerungsperspektive, lassen sich in die Karte übertragen; für beide haben wir Beispiele, und beide haben ihre Vor- und Nachteile. Einige der ältesten Reliefkarten sind dämmerungsperspektivisch abgestuft, so z. B. Leuzingers berühmte Schweizer Reliefkarte 1 : 500'000 und Randeggers schöne Karte des Bezirks Zürich 1 : 40'000. Die Folge ist ein etwas toter, düsterer Gesamteindruck, dafür aber eine deutlich wahrnehmbare Höhenschichtenabstufung. Der graue Grundton übernimmt hierbei zugleich noch eine die Tiefebenen und tiefen Talsohlen schattierende Funktion im Sinne der schiefen Beleuchtung, die noch näher betrachtet werden soll. Der Gesamtformindruck solcher Karten ist meist ein sehr klarer. Deutlich luftperspektivisch abgestuft sind spätere Leuzingerkarten (Albulagebiet 1 : 50'000 h. g. v. S. A. C.), die Schweizer Schulwandkarte 1 : 200'000 und zahlreiche andere Kümmerly-Reliefkarten. Die Talsohlen sind hier oft silberig hell und das Bild ist freundlicher; es ist aber hier bedeutend schwieriger, eine deutlich wahrnehmbare Höhenschichtenabstufung anzubringen; denn wir haben helle Töne in der Talsohle und Ebene und benötigen auch wieder helle Töne an allen (schief) beleuchteten Berghalden. Etwa die Mitte zwischen beiden Verfahren halten einige Reliefkarten Beckers und zwei solche des Verfassers (Schülerkarten der Kantone St. Gallen und Appenzell), wobei die einen mehr nach dieser, die andern mehr nach jener Seite neigen. Es wurde dabei das Geländebild ebenfalls höhenschichtenweise von oben nach unten verdunkelt (Dämmerungsperspektive); jedoch nur in geringem Masse und nicht mit Grau, sondern in Anlehnung an die Luftperspektive mit einem so lichten Blau, dass nach einer Uebermalung mit leichtem bräunlichem Gelb in den Tiefen ein dunstiger graublaugrüner Ton entsteht, der an die fernen Landschaftsfarben erinnert. Wie sich aus diesem Dunstton der Niederung durch zunehmende Klärung und Sättigung der Körperoberflächenfarben auf einfachste Weise eine brauchbare perspektivische Höhenfarbenskala ergibt, soll später dargelegt werden. Es sei hier abschliessend nochmals folgendes festgestellt:

Stereoskopie durch Farbendifferenz tritt nur unter Bedingungen ein, die in der Karte nicht erfüllt werden können; sie äussert sich ausserdem bei verschiedenen Menschen in so verschiedener Weise, dass darauf keine kartographische Farbskala aufgebaut werden darf. Eine mehr oder weniger einheitliche Illusion verschiedener Raumtiefe von kartographisch möglichen Farb- und Tonwerten beruht *nur* auf der Luft- und der Dämmerungsperspektive. Es handelt sich hierbei um das Wachrufen von naturbeobachteten Erfahrungen. Solche Erfahrungen können sich aber nur auswirken, wenn ein entsprechender Landschaftsraum, sei es im Ansichts- oder Kartenbilde, zuvor mit

andern Mitteln geschaffen worden ist. Ihre unmittelbare Wirkung beschränkt sich darauf, solche schon vorhandene Raum- oder Körperillusionen zu verstärken und zu klären. Sie scheidet nur in groben Zügen Hoch und Tief voneinander. Von bestimmten, sicheren und scharf differenzierenden *unmittelbar*-anschaulichen oder gar von *mass*-anschaulichen Raumwerten der Farben kann daher keine Rede sein.

Damit sei die Farbenplastik vorläufig verlassen; denn, bevor wir die Höhenfarbenskala für die Reliefkarte betrachten, ist es nötig ein weiteres und sehr wichtiges Erfahrungshilfsmittel unserer Raumwahrnehmung zu betrachten: Die *Licht- und Schattenverteilung* auf einer krummen Körperoberfläche infolge einer bestimmten Lichteinfallrichtung. Wenn im Vorstehenden auch schon von Licht und Schatten die Rede war, so hat es sich dabei nur um eine äusserst diffuse allgemeine Beschattung von vorn nach hinten oder von oben nach unten gehandelt, die sich in der Karte höhenschichtenweise und in engster Verbindung mit dem Flächenkolorit äussert; wir mussten sie deshalb hier in die Untersuchung der farbenplastischen Elemente eingliedern. Becker nannte diese Erscheinung, im Gegensatz zur sogenannten senkrechten oder schiefen Kartenbeleuchtung, mit einem treffenden Ausdruck „senkrechte Belichtung“.

Der vorliegende Aufsatz war schon gesetzt, als mir durch gütige Vermittlung von Herrn Prof. Dr. W.R. Hess in Zürich eine im Sommer 1925 erschienene Abhandlung von Dr. E. Ammann über „Farbenstereoskopie“ (vgl. Lit. Verzeichnis) in die Hände kam.

Ammann stellt fest, dass man im allgemeinen bunte Farben auf ebenen Flächen als eben auffasse, dass es aber von dieser Regel Ausnahmen gebe, indem man manchmal einzelne Farben näher oder ferner sehe. Er referiert über die oben geschilderte Erklärung von Einthoven, die aber nicht für alle Fälle genüge, da ein und derselbe Beobachter in gewissen Fällen rot *erhöht*, in andern Fällen *vertieft* sehe. Für dieses Verhalten sucht er verschiedene rein *optisch-physiologische* Erklärungen zu geben. Dieser Aufsatz bestärkt mich in meiner soeben dargelegten Auffassung; es scheint mir aber, dass auch für einige von Ammann zitierte Beispiele die *psychologische* Erklärung durch unbewusste Vorstellungsreproduktion zwangloser zum Ziele führe.

IV. Schattenplastik.

Der Schatten ist als eines der ersten Mittel zur Veranschaulichung der Geländegestaltung in der Kartographie verwendet worden. Ursprünglich wurden Schattierungen erzeugt durch die Nebeneinanderlagerung bestimmter dickerer oder feinerer Striche, der „*Schraffen*“. Später trat als leichter zu handhabendes Element die sog. „*Schummerung*“ dazu, d. h. die flächenhafte, tonige, auf lithographischem Wege wiedergegebene Schattierung.

Betrachten wir ein topographisches Modell eines hügeligen oder bergigen Gebietes, ein weisses Gipsrelief, senkrecht von oben, wobei wir eine Lichtquelle im Raum herumbewegen, so sehen wir gewisse Formen durch Scheidung in Licht- und Schattenpartien bald stärker, bald

schwächer in Erscheinung treten. Details tauchen auf und andere verschwinden. Grossformen werden betont oder verwischt. Aehnliche, aber infolge Fehlens oder Entgegenarbeitens¹ des stereoskopischen Effektes, geschwächte Eindrücke würden wir von entsprechenden Photographien dieses verschieden beleuchteten Reliefs erhalten.

Im grossen Ganzen tritt die Gesamtmodellierung sehr kräftig hervor, wenn die Lichtstrahlen stark schief einfallen, wogegen sie sich mehr und mehr verflacht, je zenithaler die Lichtrichtung wird, je mehr also Blickrichtung und Lichtrichtung zusammen fallen.² Ein solches Zusammenfallen hat überall, bei jeder Körperbetrachtung, auch in der Landschaft eine scheinbare Verflachung zur Folge; diese letztere erscheint uns jedoch kaum irgendwo so auffallend, wie auf einer Photographie des steil von oben beleuchteten Reliefs, da wir hier auf jedes andere Hilfsmittel der Raumwahrnehmung verzichten müssen. Allen schrägen Lichteinfallsrichtungen haftet eine gewisse Willkür an; je nach Himmelsrichtung und Höhenwinkel erhalten wir verschiedene Bilder. Die einzige sozusagen objektive, neutrale Lichtrichtung ist die vertikale; sie ist jedoch, wie ein Versuch zeigt, leider auch die weitaus unfähigste; denn von einem nennenswerten plastischen Effekt kann man hiebei nicht mehr sprechen. Alle Flächen erhalten hier direktes Licht, die steilen Hänge etwas weniger, als die Ebenen. Die Unterschiede sind aber so gering, dass sie keinen nützlichen Abbildungswert besitzen. Diese Behauptung steht scheinbar in schärfstem Widerspruch zu den bekannten Lehren der senkrechten Kartenbeleuchtung. Dieser Widerspruch soll im folgenden durch den Nachweis gelöst werden, dass die soeben geschilderte natürliche senkrechte Beleuchtung sehr stark abweicht von der sogenannten senkrechten Beleuchtung der Karte, die in ungenauer Weise oft kurzerhand als solche hingestellt wird. Für beide besteht die Beziehung: Je steiler, desto dunkler. Diese Beziehung sei in der Figur 23 graphisch dargestellt, indem auf der positiven horizontalen Achse die Böschungswinkel von 0° bis 90° und auf der positiven Vertikalachse die Schattenstärke (Anteile des Schwarz bezogen auf die Einheit 1,0) aufgetragen werden. Gewöhnlich versteht man unter senkrechter Beleuchtung eine „geometrische“ senkrechte Beleuchtung; man nimmt an, sämtliche Lichtstrahlen fallen *parallel* auf die weisse Fläche ein, so dass die horizontale Ebene volles Licht erhielte, also weiss bliebe, während die senkrechte Fläche kein Licht mehr empfangen, also schwarz erscheinen müsste. Der *Licht-Anteil* = L auf allen dazwischenliegenden Böschungen ist dabei proportional dem Sinus des Lichteinfallswinkels oder dem *Cosinus des Böschungswinkels* α . Der *Schattenanteil* S ist $1 - L = 1 - \cos \alpha$.

¹ Vgl. darüber die Ausführungen auf Seite 67—68.

² Vgl. darüber namentlich: *Penck*: Neue Karten und Reliefs der Alpen. — Dieser Abhandlung entnahm ich zahlreiche Anregungen zu den Ausführungen dieses und des folgenden Kapitels.

also für eine Böschung von $0^\circ : S = 0$ (weiss)
" " " " $60^\circ : S = 0,5$
" " " " $90^\circ : S = 1,0$ (schwarz)

u. s. w., wie durch die eine Kurve — — — — der Figur 23 dargestellt ist. Diese Schattierungskurve steigt am Anfang zu wenig und am Ende zu stark. Das Verhältnis schwarz zu weiss kann man sich in der Karte als Verhältnis zwischen Strichdicke einer schwarzgedruckten Schraffe zum weissen Zwischenraum denken. Dieses Verhältnis ändert sich in den praktisch wichtigsten Böschungswechseln (5° , 10° , 15° , 20° etc.) kaum spürbar, während da, wo es zwecklos ist, bei den Böschungssteigerungen von 60° auf 70° , von 70° auf 80° etc. deutlich sichtbare Schattierungssteigerungen eintreten. Aus solchen Gründen wird keine Karte nach diesem Gesetze schattiert oder schraffiert; man weicht davon ab, indem man in den flachen Böschungen den Schwarzanteil S rascher wachsen lässt, entweder proportional dem Böschungswinkel selbst oder noch stärker. Dabei wird zweckmässig das volle Schwarz $S = 1,0$ schon bedeutend unter 90° erreicht, so z. B. bei 45° (Lehmann für Sachsen) oder 60° (Bayern). Die offizielle österreichische Karte 1 : 75'000 lässt die Kurve ansteigen bis zum Verhältnis Schwarz zu Weiss = $0,6 : 0,4$ bei 45° und behält dann dieses Verhältnis für alle steileren Böschungen bei. Dadurch wird eine allzuweitgehende Verdunkelung der Karte in den alpinen Gebieten vermieden. In Bezug auf die praktische Auswirkung dieser Massnahme ist zu sagen, dass Böschungen von mehr als 45° auch in den Alpen lokal nur eng begrenzt vorkommen, so dass solche Gebiete in 1 : 75'000 nur geringe Flächen einnehmen; ferner sind sie meistens felsig, so dass die Schraffenzeichnung ohnehin durch eine besondere Felssignatur ersetzt wird, und drittens ist die Begehbarkeit in Böschungen von über 45° mehr von andern Momenten (Gesteinsart und Lagerung) abhängig, als von den Böschungsunterschieden. Die Fig. 23 zeigt die Schattierungskurven einiger Schraffenkarten nach solcher sogenannter senkrechter Beleuchtung. Diese Kurven lassen deutlich erkennen, wie ausserordentlich stark sie insbesondere in den flachen und mittleren Böschungen von der oben skizzierten geometrischen senkrechten Beleuchtung abweicht. Es bleibt lediglich die Beziehung bestehen: je steiler desto dunkler; aber die Gesetze sind andere.

Sehen wir nun, wie eine *natürliche* senkrechte Beleuchtung aussieht. Die Annahme paralleler Lichtstrahlen und voller Verdunkelung der Vertikalfläche ist, abgesehen vom luftleeren Raume, nur unter besonderen Bedingungen angenähert denkbar. Ein entsprechendes Schattierungsbild könnte auf einem weissen Modelle nur auf experimentelle Art erzeugt werden. Alle zeichnerischen Mittel, die unmittelbar formanschaulich wirken, stützen sich jedoch auf alltägliche Beobachtungserfahrungen. Unter alltäglichen Bedingungen bei diffusem Lichte, bei einer vielleicht indirekten Lichtquelle und nicht

völlig verdunkeltem Raume resultiert infolge zahlreicher reflektierter, schief einfallender Lichtstrahlen eine Schattierungskurve, die verwandt sein mag zur Kurve des nicht diffusen Lichtes, die aber für die Vertikalfläche bei weitem nicht völliges Schwarz erreicht. Penck¹ berechnet die Helligkeitswerte solcher diffuser senkrechter Beleuchtung, indem er als Lichtquelle das ganze, die Fläche bescheinende Himmelsgewölbe annimmt. Danach ergibt sich für $S = \frac{1}{2} (1 - \cos \alpha)$, was in der Figur 23 durch die zweite flachere Kurve -.-.- dargestellt ist. — Im allgemeinen wird eine natürlich mögliche und vorkommende diffuse senkrechte Beleuchtung eines *Modelles* wesentlich von der Art der Lichtquelle und des Raumes abhängen. Auf jeden Fall aber, ob wir an die topographische Fläche selbst oder an ihr Modell denken, rückt eine solche natürlich leicht mögliche diffuse senkrechte Beleuchtung noch stärker von der kartographischen sog. senkrechten Beleuchtung ab, als es bei Annahme von nur parallelen Lichtstrahlen schon der Fall war und zeigt dadurch noch eindringlicher, dass diese letztere im Grunde genommen überhaupt keine Beleuchtungserscheinung ist.

Mit dieser Feststellung soll über die kartographische „senkrechte Beleuchtung“ in keiner Weise der Stab gebrochen werden. Eine solche Auffassung wäre falsch. Es ist damit nur gesagt, dass sie nicht zu den Mitteln gehört, die auf Grund unbewusster täglicher Seh-Erfahrungen jedermann, auch dem völlig Ungeschulten, ein sozusagen spontanes unmittelbares Form- oder Raum-Erkennen ermöglichen. Es besteht lediglich eine einfache, übersichtliche Beziehung „je-desto“. Durch Schulung und Angewöhnung haben wir gelernt einen bestimmten Schattierungsgrad mit einer bestimmten Böschungsvorstellung zu verbinden. Diese Angewöhnung kann so weit gehen, dass uns der prinzipielle Unterschied des Seh- und Auffassungsvorganges gegenüber dem unmittelbaren Form-Sehen kaum mehr zum Bewusstsein kommt. Verwischt wird dieser Unterschied zudem durch die Tatsache, dass die natürliche senkrechte Beleuchtung, wenn auch in völlig andern Quantitäten, so doch im gleichen Sinne abstuft, und ferner durch die Grundrissgleichheit der Böschungsformen, respektive der Schattenflächen. Die kartographische „senkrechte Beleuchtung“ gehört zu den eingangs erwähnten mittelbar anschaulichen Elementen, die wir in der Kartographie ebensowenig missen können, wie die unmittelbar anschaulichen.²

¹ Neue Karten und Reliefs der Alpen. S. 80.

² Penck (S. 80 u. f.) macht den Versuch der kartographischen senkrechten Beleuchtung ein natürliches Gesetz zu geben durch Annahme von horizontal und stets senkrecht zur Schichtlinie einfallenden Lichtstrahlen und durch die Deutung: Dunkel bedeute Licht und Hell Schatten, wie der Kreidestrich auf der schwarzen Wandtafel. Aber sowohl das fortwährende starke Herumspringen der Lichteinfallsrichtung, wie auch die unnatürliche Vertauschung von Hell und Dunkel bereiten der Vorstellung so grosse Schwierigkeiten, dass zum mindesten von einer unmittelbaren Anschaulichkeit auch mit Hilfe dieser Erklärung nicht gesprochen werden kann. Völlig unhaltbar wird die

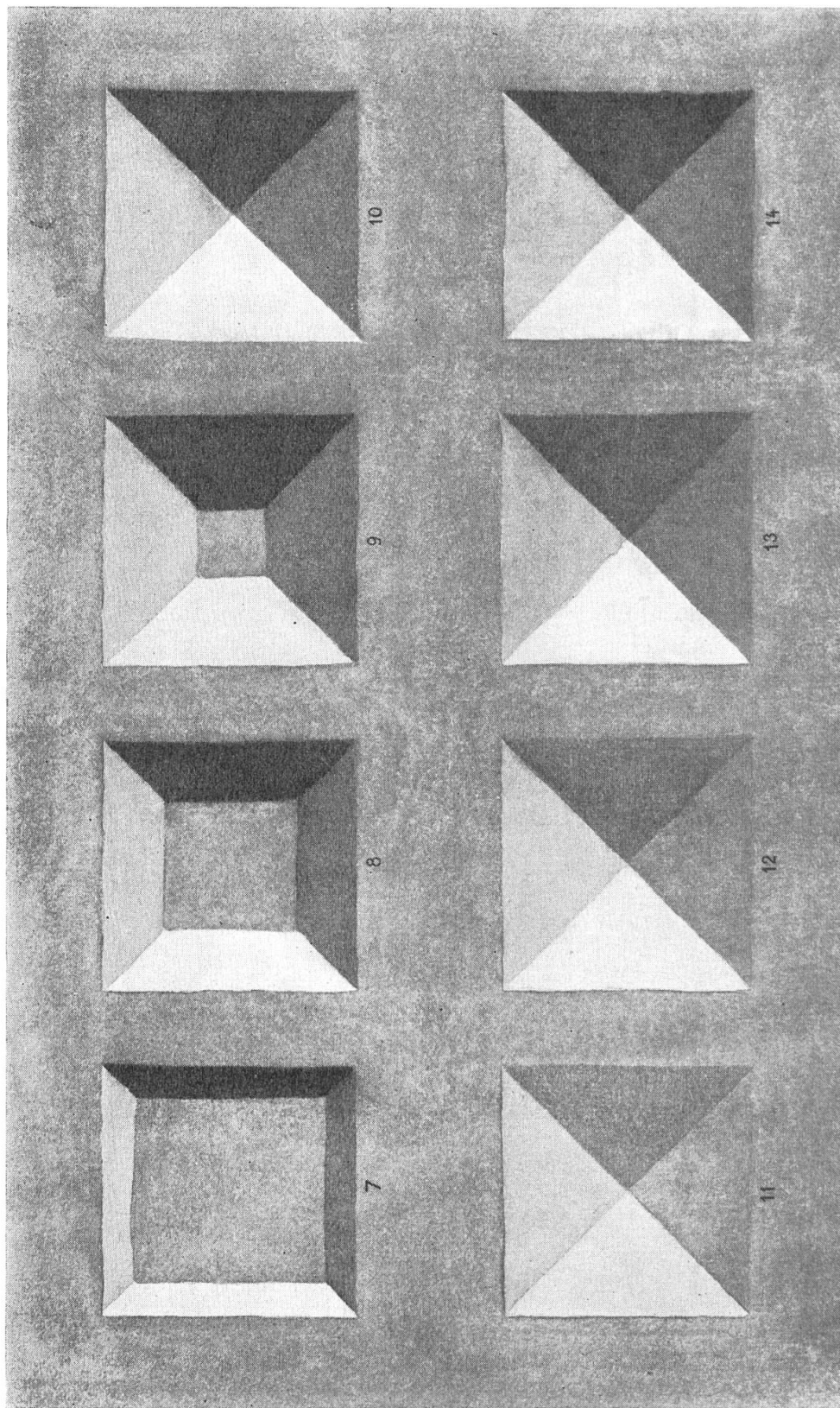
Der *schief* einfallende Lichtstrahl schafft in hügeligen und bergigen Reliefs wirksame Kontraste, er eröffnet dem Kartographen ein weites Spielfeld zur Erprobung seiner Fähigkeiten. — Auch hier wird uns eine eingehendere Betrachtung zeigen, dass das, was man so gemeinhin „schiefe Beleuchtung“ nennt, sich zergliedern lässt in verschiedene mehr oder weniger natürliche und konventionelle Elemente.

Vorerst sei jedoch das Grundelement, der Helligkeitswechsel infolge eines von unserer Blickrichtung stark abweichenden Lichteinfalles mit Hilfe der Guckkastenbeobachtungen einer ähnlichen Untersuchung unterworfen, wie dies mit den Farben geschehen ist. Es sollen dadurch das Vorhandensein, die Wirkungsweise und das Mass einer eventuellen unmittelbaren Raumanschaulichkeit möglichst objektiv festgestellt werden.

Ein Blick durch die Guckkastenfenster zeige z. B. die Figuren 7 bis 14 der Tafel II. Die Versuche ergaben hier vollkommene Uebereinstimmung der Beobachtungsergebnisse darin, dass jedermann in den Figuren spontan unebene Gebilde erkannte und zwar mehr oder weniger abgestumpfte oder mehr oder weniger steile Pyramiden oder Vertiefungen von entsprechender Form. Ob Erhöhung oder Vertiefung ist von der unwillkürlichen, meist unbewussten Annahme der Lichteinfallsrichtung abhängig. Wir müssen auch hier monokulare und binokulare Betrachtung auseinander halten. Bei monokularer Betrachtung, sehr geschickter Ausführung des Versuches und in leichtem Dämmerlicht scheinen uns die Figuren tatsächlich aus der Ebene herauszuspringen, so täuschend, dass wir keinen Wesensunterschied empfinden gegenüber einem dreidimensionalen Effekt an entsprechenden monokular betrachteten Modellen. Bei gewöhnlicher binokularer Betrachtung, wo das stereoskopische Sehen uns entgegen arbeitet, verschwindet diese Täuschung; der Eindruck wird schwächer. Der naive unkritische Beobachter sagt aber auch hier noch ganz einfach, er sehe Pyramiden oder Vertiefungen; er meint aber damit nur täuschend ähnliche Abbildungen solcher Formen. Einige kritische Beobachter fragten mich, wie meine Frage zu verstehen sei, sie sehen schon, dass die Figuren nicht tatsächlich plastisch, sondern auf flaches Papier gemalt seien, aber es sehe aus wie Pyramiden, resp. entsprechende Vertiefungen.

Zwangsvorstellung dieser „*zentripetalen Seitenbeleuchtung*“, sobald die Schattierungen mit Farbtönen kombiniert werden. — Nehmen wir die sogen. senkrechte Beleuchtung lieber für das was sie ist, für eine einfache, klare und praktische Konvention im Sinne mittelbarer Anschaulichkeit! — Diese Bemerkung gilt auch für den Erklärungsversuch von *Geisler* (Das Bildnis der Erde S. 166), der die Strahlen-Reflektion (Spiegelung) herbei zieht. Auch diese Erklärung ist viel zu gesucht und ausserdem nicht völlig richtig; denn, spiegelt die topographische Fläche den Lichtstrahl in der von Geisler angegebenen vollkommenen Weise, so erschiene uns bei Betrachtung senkrecht von oben *nur* die horizontale Fläche hell, alle andern aber dunkel. Findet aber nicht eine vollständige Spiegelung statt, ist also die Fläche nicht spiegelglatt, so erschiene uns auch die Böschung von 45° nicht schwarz.

Tafel II.



Nun ein zweiter Schritt: Man fragt bei Annahme oder besser unter einer Vortäuschung des Lichtes von links oben: „Wie hoch sehen Sie diese Pyramiden? Alle gleich hoch oder einzelne höher, andere niedriger und in welchen Verhältnissen zueinander?“ Die Ergebnisse, die ich mir hierüber für die kleinen Figuren des Guckkastens notiert habe, lauteten, im Gegensatz zu den unsicheren Antworten bei den Farbfiguren hier *auffallend übereinstimmend*; die verschiedenen Pyramiden wurden in ihrer gegenseitigen, *relativen* Höhe zueinander stets übereinstimmend beurteilt, die Figuren links am niedrigsten und dann nach rechts höher werdend. Oft wurden sogar bestimmte in Centimeter ausgedrückte Höhen genannt und auch diese mit ordentlicher Uebereinstimmung. Auch Punkte innerhalb der einzelnen Flächen werden relativ zum Ganzen in ihrer scheinbaren Höhe übereinstimmend geschätzt; ebenso bei den Pyramidenfiguren 11—14 die Böschungen; auch diese jedoch nicht absolut, sondern relativ zueinander. Von Figur 11, deren Böschungen am flachsten erscheinen, steigern sie sich bis zur steilsten Pyramide der Figur 14.

Die Absicht, ebene Papierflächen unmittelbar in hohem Grade und in bestimmter Weise uneben erscheinen zu lassen ist also unzweifelhaft erreicht. Man sieht nicht nur eindeutige Unebenheiten, sondern auch ihre gegenseitigen relativen Höhen, was die häufige und in sich widersinnige Behauptung widerlegt, die schiefe Beleuchtung wirke nur „formenplastisch“, nicht auch „höhenplastisch“. Die Beispiele zeigen, dass solche Schätzungen, namentlich auch die Höhenschätzungen nicht auf bestimmten hellen oder dunkeln Tönen, sondern stets auf dem Gesamtabbild einer Form beruhen, auf der bestimmten Art der Aufeinanderfolge der Schattierung und auf der Stärke von Licht und Schatten; je grösser die aufeinanderfolgenden Grundrissbreiten von Licht- und Schattenseiten und je stärker auf diesen die Licht- und Schattengegensätze sind, desto stärker scheint das Gebilde aus dem Papier herauszuwachsen. Mit keinem andern in die Karte übertragbaren Mittel erreichen wir ähnlich starke Täuschungen. Wenn man solche Schattierungen mit irgendwelchen höhenschichtweise angeordneten Farben kombiniert, so hat dies eine Verminderung des unmittelbaren plastischen Effektes zur Folge, was auch entsprechende Versuche mit den Fig. 5 und 6 der Tafel I bestätigen.

Wie schon gesagt, ist der plastische Effekt einer Reliefkarte kein absoluter, sondern ein relativer. Wir sehen gewisse Formen relativ zueinander richtig, aber das Ganze kann gegenüber der Naturform überhöht oder unterhöht erscheinen; wir sehen also Körper, die in bestimmter Weise der Naturform entsprechen. Erst die notwendige Anlehnung an die Natur oder an ein Relief gibt uns sozusagen den Höhenmasstab, mit Hilfe dessen wir das Ganze richtig erfassen können. Daher gibt auch diese Licht- und Schattenverteilung nicht derart unmittelbar und absolut sichtbare Höhenwerte, dass sie den Horizontal-Dimensionen gleich zu stellen wären; es ist dies — entgegen den

Wünschen und Thesen von Peucker — überhaupt keinem der bisherigen Geländedarstellungsmittel möglich. Ja sogar bei einer entsprechenden Betrachtung von tatsächlich plastischen Körpern empfangen wir häufig nicht einen eindeutigen Formeindruck. Ein Relief aus einiger Distanz von oben betrachtet erscheint uns unter der gleichen schiefen Beleuchtung verhältnismässig flach, wenn die direkte Lichtquelle schwach und der Raum stark mit diffusem Licht erfüllt ist und verhältnismässig kräftig modelliert bei einer starken direkten Lichtquelle, welche einzelne Geländeteile grell beleuchtet und andere entsprechend tief beschattet. Man erinnere sich an den überplastischen Eindruck einer Strasse bei Nacht vor einer Automobillaterne. In gleicher Weise ändert sich der plastische Effekt der Karte, wenn wir den Schattenton ändern, wenn wir z. B. im Druck die Platten, welche die Schattentöne enthalten, mit helleren oder dunkleren Farben einwalzen. Es lässt sich jedoch der Schattenton so wählen, dass auf den Durchschnittsbeobachter ein nicht allzustark über- oder unterhöhter Eindruck entsteht; dies ist vielleicht dann der Fall, wenn die Kartenschattierung in ihrer Gesamtstärke etwa der Schattierung eines gleichmasstabigen Reliefs entspricht, das in einem Zimmer mit normaler Tageshelle durch diffuses Fensterlicht seitlich beleuchtet und aus normaler deutlicher Sehweite von oben betrachtet wird.

Ebenso wichtig für einen richtigen plastischen Effekt wie die Schattenstärke ist die Schattenfarbe, besonders in farbigen Reliefkarten, wo Schatten und Licht in bestimmte Beziehungen zu den übrigen Farben zu treten haben. Bevor wir diese Beziehungen betrachten, ist die schiefe Beleuchtung noch eingehender zu diskutieren.

Zur deutlichen Charakterisierung der kartographischen schiefen Beleuchtung will ich fünf verschiedene Prinzipien schiefer Beleuchtung einander gegenüber stellen und auf ihre Vor- und Nachteile hinweisen. Diese fünf Prinzipien sind:

1. Die natürliche schiefe Beleuchtung.
2. Die geometrische schiefe Beleuchtung nach der Theorie von Wiechel (Wiechel-Beleuchtung).
3. Eine natürlich erscheinende, aber stark modifizierte schiefe Beleuchtung.
4. Die schiefe Beleuchtung nach dem Prinzip der Dufourkarte (Dufour-Beleuchtung).
5. Die schiefe Beleuchtung mit besonderem Lichtton.

1. *Die natürliche schiefe Beleuchtung* entspricht der Abbildung (Photographie) eines schräg von oben beleuchteten Reliefs. Ausschliesslich parallel einfallende Lichtstrahlen können auch hier, wie bei der senkrechten Beleuchtung, nur auf künstlich experimentelle Weise erzeugt werden; sie würden uns harte kontrastreiche Landschaften schaffen, wie wir sie von den Mondbildern her kennen. Gehen wir von der uns gewohnten und geläufigen Vorstellung schief beleuch-

Tafel III.

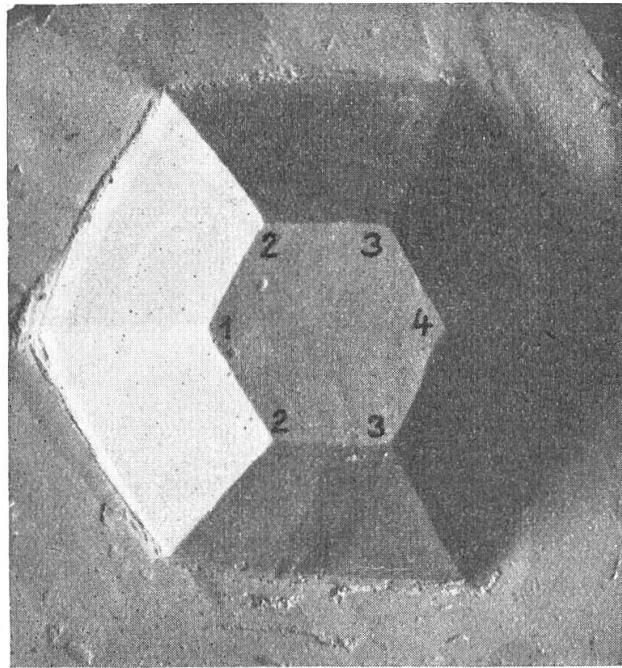


Fig. 15



Fig. 16



Fig. 17

Umgebung von Zermatt. Phot. nach Imfelds Relief.
Südbeleuchtung. Westen oben. Links Lichteinfall unter 45° , rechts unter 30° .

teter weisser Reliefs (oder Marmorstatuen) aus, so können wir hiebei eine direkte Lichtquelle, z. B. Sonnenlicht oder indirektes diffuses, aber doch zur Hauptsache aus einer bestimmten Richtung einfallendes Licht annehmen.

Direktes Licht gibt eine stärkere Gesamtplastik; es überhöht sozusagen das Modell und lässt das Bild sonniger erscheinen. Dabei verschwinden aber viele Detailformen, die ganz dem Lichte zu oder von ihm abgewendet sind, und andere treten ungebührlich hervor. Das ganze Modell erscheint zu kantig, zu hart und oft stören und täuschen uns darin die Schlagschatten. — *Diffuses* Licht modelliert feiner und weicher und mehr in die Details, dafür im ganzen etwas toter, etwas weniger sonnig und prägnant (man vergleiche photogr. Personen-Portrait-Aufnahmen in direktem Sonnenlicht oder bei diffuser Atelier-Beleuchtung).

Den *Höhenwinkel* der Lichtrichtung wird man so wählen, dass im Mittel für Gross- und Kleinformen ein Maximum an Anschaulichkeit entsteht; es ist dies, im Gegensatz zu häufigen Angaben in der Literatur¹, im allgemeinen ein Winkel *bedeutend* unter 45°. Zwei Beispiele sollen dies belegen. Die Fig. 16 und 17 sind photographische Aufnahmen eines Teiles des Zermatter Reliefs von Xaver Imfeld². Obschon wir uns hier in einem der steilböschigsten Gebiete der Alpen befinden, erweist sich die Beleuchtungsrichtung von 45° in Fig. 16 als zu steil. Die Schattierung erscheint zu aufgelöst, zu unzusammenhängend³. Die günstigere Lichteinfallsrichtung der Fig. 17 beträgt nur etwa 30°. Bekannt ist die photographische Wiedergabe von Perrons Relief der Schweiz (in der Reproduktion im Geographischen Lexikon der Schweiz Band IV Seite 652 sind darin alle Schlagschatten wegretouchiert). Man wählte hier den Lichteinfallswinkel so, dass ein möglichst gutes Bild der gesamten orographischen Landesgliederung entstand. Es ist dies ein Vertikalwinkel von nur etwa 12° und trotzdem ist er für die flacheren Formen des Mittellandes noch zu gross.

Bei einer solchen natürlichen schiefen Beleuchtung erscheint die horizontale Ebene stets in einem grauen Mittelton; die Lichtseiten der Berge steigen heller aus demselben empor und die Schattenhänge sinken dunkel zu ihm ab. (Beispiele in den Figuren 15—19).

Ausser eventuellen Schlagschatten besitzt diese natürliche Beleuchtung eine Menge von Eigenschaften, die sie zur Verwendung in der Karte *unbrauchbar* machen. Die plastische Erscheinung irgend

¹ Vgl. Zöppritz und Bludau S. 57: „Bisher ist in allgemeiner Uebereinstimmung der Einfallswinkel mit 45° Neigung und die Richtung der Strahlen von Nordwesten her angenommen worden“. Dies gilt vielleicht für die Kartentheorie, jedoch für keine einzige brauchbare, in schiefer Beleuchtung ausgeführte Karte.

² Bei Erstellung aller hier zur Abbildung gelangenden Reliefphotographien war mir Herr Sekundarlehrer *Albert Frei* in Zürich behilflich. Es sei ihm hiefür auch an dieser Stelle bestens gedankt.

³ In der Abbildung weniger deutlich sichtbar, als bei Betrachtung des Modelles.



Fig. 18: Licht von links (West)



Fig. 19: Licht von oben (Nord)

Umgebung von Zürich, phot. nach einem Relief.

einer topographischen Form ist sehr stark von der zufälligen Beleuchtungsrichtung abhängig. Eine Bergkette (siehe die Figuren 18 und 19) senkrecht zur Lichtrichtung erscheint sehr plastisch, eine solche parallel dazu wird flach gedrückt. Kleine Details, Töbelchen etc. in ganz dem Lichte zu- oder abgewendeten Hängen verschwinden, während sie da, wo die Lichtstrahlen tangierend einfallen, ausserordentlich stark und reich gegliedert hervortreten. Noch deutlicher offenbaren sich solche Schwächen in den Figuren 20 und 21, welche ebenfalls ein- und dasselbe Modell unter verschiedenem Lichteinfall zeigen. — Die Figur 15 stellt eine abgestumpfte sechseckige und symmetrische Pyramide dar. Die Geländebrüche der schiefen Flächen bei 1 und 4 treten durch die Schattierung kaum in Erscheinung, die genau gleichen bei 2 und 3 hingegen übertrieben stark. Ebenso sind die Winkel zwischen den horizontalen und den hellen, respektive dunkeln schiefen Flächen links und rechts sehr stark betont, während die entsprechenden Winkel an den oberen und untern Pyramidenflächen nur schwach ausgeprägt sind. Gleiches bildet sich sehr ungleich ab. Für jede Form, für jeden Formenwechsel gibt es eine bestimmte Lichteinfallsrichtung mit maximaler und eine andere mit minimaler Anschaulichkeit. Dies gilt für die Horizontal- und Vertikalrichtung der Lichtstrahlen. — Ein weiterer Mangel ist die Unmöglichkeit der Höhen- und Tiefenschätzung einzelner Bildteile über ein gewisses grobes Mass hinaus. Wir erkennen z. B. in den Photographien des Perron-Reliefs der Schweiz sofort, dass die Alpen höher und kräftiger modelliert sind, als der Jura und letzterer wieder kräftiger als gewisse Mittellandberge; wir sehen aber nicht, ob Kärpfstock oder Calanda höher ist, oder welcher Gratpunkt des letztern der höchste sei. Bei zahllosen Pässen können wir den höchsten Punkt, wenn er nicht aus dem Verlauf eingetragener Bachlinien zu erraten ist, nicht erkennen. Schatten- und Lichtstärken sind allgemein zu homogen; Unterschiede zwischen flacheren und schrofferen Formen treten zu wenig hervor, da schon bei relativ flachen Formen ein Schattierungsgrad erreicht wird, der sich bei Steigerung der Form nicht mehr entsprechend steigert. Kurz, solche Abbildungen sind erfüllt von unzähligen Unklarheiten und Täuschungen. Zu alledem tritt ein Mangel hinzu, der sich erst mit kleiner werdendem Masstab deutlich geltend macht: Das völlige Fehlen irgendwelcher Generalisierung. Das photographische Auge sieht nicht, es betont nicht, scheidet nicht aus, fasst nicht zusammen. In verwirrender Fülle unwesentlicher Details gehen die grossen Zusammenhänge verloren. Die Einflüsse der notwendigen Generalisierung auf die Geländezeichnung vieler Karten sind sehr beträchtlich; ihr Studium ist eines der interessantesten Kapitel der Kartographie; es würde jedoch zu weit führen, im Verlauf dieser Untersuchungen darauf einzutreten.

Wir sehen also, dass eine Darstellung in natürlicher schiefer Beleuchtung, wie sie photographischen Aufnahmen nach Reliefs ent-

spricht, noch längst keine Karte ist.¹ Hingegen sind uns Photographien nach eventl. vorhandenen Reliefs zum Studium gewisser Kartenzeichnungselemente und einzelner morphologischer Formenmerkmale sehr nützlich.

2. Die schiefe Beleuchtung nach der Theorie von Wiechel.

Der schiefen Beleuchtung wurde oft vorgeworfen, dass sie nur gefühlsmässig und nicht nach streng wissenschaftlicher Methode ausgeführt werde. Dies hat schon vor bald einem halben Jahrhundert den deutschen Kartographen Wiechel veranlasst, eine Methode zu entwickeln, die es ermöglicht für jede bestimmte Fläche den ihr geometrisch zukommenden Schattierungsgrad zu ermitteln. Er setzt aus Nordwest und unter einem Vertikalwinkel von genau 45° einfallende parallele Lichtstrahlen voraus, gibt einer Fläche, auf die der Lichtstrahl senkrecht auftrifft, volles Licht; sie bleibt also weiss. Eine Fläche, auf die kein Lichtstrahl mehr auftrifft, z. B. ein nach Südosten orientierter und 45° oder noch stärker geneigter Hang erscheint in vollem schwarzem Schatten. Dazwischen lässt sich für jede beliebige Fläche mittelst einer Hilfskonstruktion ein bestimmter, dem Einfallswinkel des Lichtstrahls entsprechender Schattierungsgrad konstruieren.² Es ist klar, dass auch hier die horizontale Ebene schattiert erscheint, da sie vom Lichtstrahl unter einem Winkel von 45° getroffen wird. Wiechels Idee wurde seither durch die Fachliteratur³ kritiklos anerkannt als die wissenschaftlich objektive Methode der schiefen Beleuchtung, die es allein ermögliche, Gleiches überall gleich zu behandeln; trotzdem ist sie durch die praktische Kartographie nicht übernommen worden.

Wir haben, wie bei der natürlichen schiefen Beleuchtung eine bestimmte Lichtrichtung, damit einen ähnlichen Bildeindruck und, wie

¹ Ein Beispiel, das auf solche Weise durch Photographie eines Reliefs entstanden ist, und das trotz vielfacher Retouchen das völlige Versagen dieser Methode beweist, ist die Reliefkarte des Salzkammergutes in 1 : 100'000, bearbeitet und herausgegeben von Gustav Edler v. Pelikan (Photolithogr. und Druck des ehemaligen k. u. k. milit. geogr. Instituts in Wien). Ein weiteres Beispiel ist die Karte von Frankreich auf Blatt 6 des Atlas universel de Vivien St. Martin et Schrader (Paris Edition 1924?). Diese ebenfalls retouchierte Reliefphotographie erfüllt jedoch die ihr hier zukommende Aufgabe ganz gut, da sie auf der folgenden Seite des Atlases durch eine Höhengschichtenkarte in glücklicher Weise ergänzt wird. Der Vergleich dieser beiden Blätter führt die Vor- und Nachteile beider Verfahren in deutlicher Weise vor Augen und zeigt namentlich, dass die Reliefphotographie, so bestrickend ihr Eindruck ist, noch längst keine Geländekarte darstellt. Dieses Reliefbild von Frankreich wäre übrigens noch bedeutend besser, wenn das Relief, das der Photographie als Grundlage gedient hat, besser modelliert wäre.

Ch. v. Steeb (Terraindarstellung mit schiefer Beleuchtung) beurteilt die schiefe Kartenbeleuchtung auf Grund von Reliefphotographien und kommt infolge dieser völlig falschen Voraussetzung zu unrichtigen Schlüssen.

² Siehe darüber: H. Wiechel oder Zöppritz-Bludau.

³ So urteilt z. B. Eckert: „Manche Kartographen, die der schrägen Beleuchtung huldigen, faseln von deren wissenschaftlicher Grundlage, ohne mit

einfache geometrische Ueberlegungen zeigen, die gleichen Hauptnachteile wie dort. Das dort Gesagte lässt sich grossenteils auf Wiechels Theorie übertragen. Die geometrische Konstruktion der Schattenstärke erreicht das Gegenteil von dem, was Wiechel zu erreichen hoffte. Statt, dass Gleiches überall gleich erscheint, zeigt es je nach der Stellung zur Lichtrichtung ein ganz ungleiches Gesicht. Es ist nicht nur eine Ungerechtigkeit, es ist ein *Fehler*, in dieser Frage nur *das* als wissenschaftlich gelten zu lassen, was sich in ein mathematisches Gewand kleiden lässt. Die Verfechter des Wiechelschen Systems bedenken nicht, dass die Gesetze, nach welchen das beobachtende Auge aus Schattierungen Formen herausieht, ganz andere und viel kompliziertere sind, als die einfachen geometrischen Gesetze, nach welchen sie die Schatten konstruieren. Der vermeintliche Erfolg Wiechels, dass gleich steile und gleich orientierte Flächen im ganzen Kartenbild einen gleichen Schattengrad aufweisen, hilft uns beim Kartenlesen und Kartenbetrachten rein absolut nichts. Das kartographische Problem wurde hier vollständig verkannt.

3. Eine natürlich erscheinende, aber stark modifizierte schiefe Beleuchtung.

Formen und Formenwechsel kommen nur durch Schattierungswechsel zustande. Diese Schattierungswechsel- oder Uebergänge, ihre Lage, ihre Härte oder Weichheit charakterisieren die Form. Der Maler Ernst Württtemberger nennt sie die *Innensilhouette*. Was er für die gewöhnliche bildliche Darstellung darüber sagt,¹ lässt sich Wort für Wort auch auf das uns hier vorliegende kartographische Problem übertragen: „Die Form sitzt an dem Uebergang vom Licht zum Schatten. . . . Die Innensilhouette ist für den Formausdruck einer Figur nächst dem Umriss (der bei Betrachtung einer topographischen Fläche senkrecht von oben nicht existiert) das Ausschlaggebende. Sie ist der eigentliche Formträger. Dürer hat in seinen Zeichnungen und Holzschnitten der Innensilhouette die grösste Sorg-

ihren Opera je den Beweis für den mathematischen Aufbau der Böschungstöne angetreten zu haben. Gerade hier wird so viel den Laien vorgemacht, wenn nicht gar die betreffenden Kartographen — sie gehören Gott sei Dank nicht grossen Instituten an — sich selbst etwas vormachen und an ihren Unsinn glauben. Erst nachdem es H. Wiechel gelungen war, der schrägen Beleuchtung ein wissenschaftliches Heim zu geben, war der Bann wohl innerlich gebrochen, d. h. man war beruhigt, sich nun endlich mit einer Theorie für die schräge Beleuchtung schmücken zu können“ (in „Kartenwissenschaft“ I. Band Seite 572). Vergl. darüber ferner: Zöppritz u. Bludau und Geisler. Eckert gibt Seite 575 (auch von Geisler wiedergegebene) „Richtlinien zur einfacheren Auffassung und zur Fortentwicklung des Wiechelschen Systems“. Diese vermeintlichen Vereinfachungen erscheinen mir unverständlich und gegenstandslos; denn Eckert berücksichtigt darin nur den Böschung- oder Neigungswinkel der Flächen, nicht aber ihre azimutale Lage oder Orientierung; somit haben wir es hier nicht mehr mit dem Wiechelschen Schattierungsproblem zu tun.

¹ Ernst Württtemberger: Zeichnung, Holzschnitt und Illustration.

Tafel V.

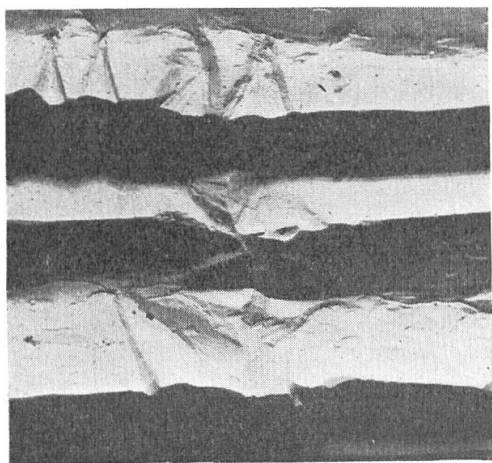


Fig. 20

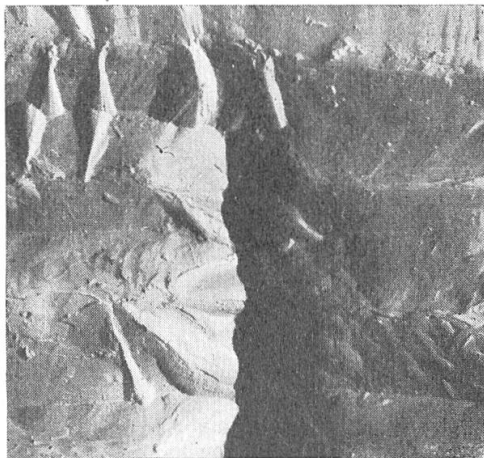


Fig. 21

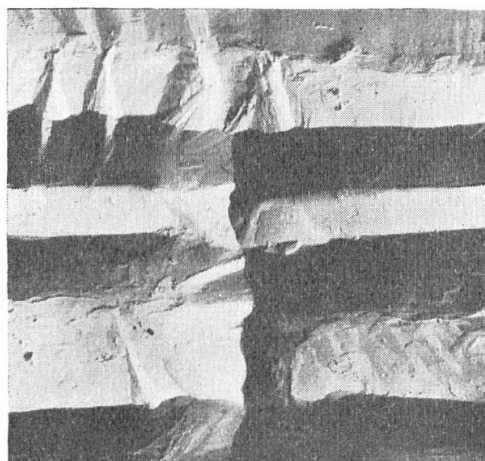


Fig. 22

Ein und dasselbe Modell von verschiedener Seite her beleuchtet.

falt und Ausbildung gewidmet. Beim Zeichnen einer Figur nach dem lebenden Modell wird man dieser die grösste Aufmerksamkeit schenken müssen, d. h. man wird das Modell so lange im Lichtwinkel drehen müssen, bis der entscheidende Lichteinfall eintritt, der die Formen an den Uebergängen zeigt, die für den Formausdruck der Figur bestimmend sind. Man stelle z. B. eine Figur mit einem Mantel, der irgendwie gerafft ein Formenmotiv für die Figur abgibt, und drehe nun das Modell im Lichte und man wird sehen, dass das Formmotiv des Mantels je nach der Drehung zum Licht bedeutend oder bedeutungslos wird. Die Portraitisten wissen z. B. sehr genau, wie durch die Verlegung der Innensilhouette ganz andere Formen herauskommen.“

Auch in der Karte offenbart uns jede neue Lichtrichtung neue wesentliche Formenmerkmale, wobei aber stets andere, meist ebenfalls bedeutende Züge, ins Nichts zerfliessen. Wohl gibts für jede Form und für jede Formengruppe eine zu ihrer Herausmodellierung günstigste und eine oder zwei ungünstigste Lichtrichtungen. Die Figuren 20—22 zeigen ein und dasselbe Modell unter verschiedener Lichtrichtung: Drei parallele scharfe Bergkämme und eine starke Querkette; zwischen den Längskämmen Täler mit Passübergängen. Die Beleuchtung der Fig. 20 zeigt nur die Längskämme und lässt die Täler als durchgehend erscheinen. Man findet diesen falschen Effekt von Passübergängen auf vielen Reliefkarten. Die Beleuchtung der Figur 21 betont ausserordentlich stark den Querkamm und vernachlässigt die Längsketten. Die Beleuchtung der Figur 22 gibt beides in richtiger Abstufung. Wie diese und unsere früheren Beispiele (Lägern und Albiskette in den Fig. 18 und 19) zeigen, erscheinen Hauptketten und Täler immer dann am deutlichsten, wenn der Lichtstrahl quer zu ihnen einfällt; die feine Detailziselierung der Gehänge erscheint am reichsten bei einem Streiflicht in der Richtung des Hauptkammes. Man wird also, wie in Figur 22, eine Beleuchtungsrichtung suchen, die möglichst beide Vorzüge vereinigt. Dies ist wohl für Einzelformen, nie aber für ein ganzes Kartenblatt möglich. Gewiss lässt sich auch für dieses oft eine bevorzugte Richtung feststellen, die die wesentlichsten Momente im allgemeinen am besten betont; immer wird aber dabei sehr viel anderes geopfert werden. Dies ist in einer Kartenzeichnung unzulässig. In der Karte ist uns jede Form innerhalb der Schranken der Generalisierung wichtig. Die kartographische Darstellung ist nicht in erster Linie eine ästhetische, sondern eine wissenschaftliche Angelegenheit. Dies ändert und erschwert hier den Schattierungsvorgang, indem es dazu führt, die Lichtrichtung innerhalb ein und desselben Kartenblattes und sogar an ein und demselben Berg zu variieren. Dabei dürfen wir selbstverständlich die Sonne nicht aus allen vier Himmelsgegenden strahlen lassen, sonst kommt etwas ganz Verworrenes heraus¹; jedoch ist der Spielraum überraschend gross, ohne dass dies dem Kartenbetrachter störend zum Bewusstsein kommt. Es gibt Reliefkarten mit einzelnen solchen Lichtdrehungen bis über 90°, ohne dass sie von irgend jemand gesehen oder gar störend empfunden werden. Natürlich dürfen solch starke Drehungen im Kartenbilde nicht unmittelbar nebeneinander liegen. Es ist eine Eigentümlichkeit unseres Seh- und Schätzungsvermögens, dass wir an gewissen Dingen, z. B. geraden oder parallelen Linien, glatten Flächen, die allergeringsten Unregelmässigkeiten sofort erkennen,

¹Ein hässliches Beispiel hiefür ist die Neubearbeitung der Karte des Bezirkes Zürich 1:40'000 durch die Kartographia Winterthur. Ausgabe ca. 1920 ? Karte ohne Jahrzahl! *Leo Wehrli* sagt mit voller Berechtigung, dass sich die violettrote Farben- und Formensymphonie dieser Karte als Tapete für einen Wurstladen vorteilhaft eignen möchte (vgl. Lit. Verz.).

während wir anderen Erscheinungen, wie diesen Inkonsequenzen der Lichtrichtung gegenüber sehr unempfindlich sind. Solche *Lichtrichtungsvariationen* sind die Werkzeuge, mit welchen wir an Stelle zufälliger Momentbilder unserer Landschaft allgemein gültige und charakteristische Darstellungen entwerfen können. Es werden diese Werkzeuge im allgemeinen zu wenig ausgenützt. Man hat dabei stets gleichzeitig die Gross- wie die Kleinformen im Auge zu behalten. Aus den Hauptformen müssen sich nacheinander die kleineren entsprechend abgestuft herausentwickeln. Der äussere zeichnerische Vorgang ist meist eher ein umgekehrter; man zeichnet Detail an Detail, die sich in ein grosses Ganzes einfügen sollen. Dieses Einfügen gelingt nicht immer und die Folge ist dann ein verwirrendes Nebeneinander von Bergen und Tälern ohne genügend erkennbare Hauptzusammenhänge. Haben wir in der Karte mehrere reichgegliederte Gebirgskomplexe, so variieren wir die allgemeine Beleuchtungsrichtung für jeden Komplex so, dass er als *Ganzes* mit seinen Hauptabdachungen, Hauptwasserscheiden etc. deutlich in Erscheinung tritt. In diese grossen Haupt-Licht- und Schattenseiten hinein sind dann, oft durch lokale Lichtdrehungen, die Nebentäler und Seitengräte derart einzufügen, dass sie für unser Auge nicht zu stark aus diesen Hauptschatten und Hauptlichtern heraustreten. Auf der einen Seite der Hauptwasserscheide müssen alle Lichtflächen stark belichtet und die Schattenflächen gedämpft werden; auf der andern hingegen haben wir abgetönte Lichtpartien und intensivere Schattenflächen.

Der Kartenmaler muss ausserdem eine Menge von *Täuschungen* beheben, wie sie bei einer natürlichen oder geometrischen schiefen Beleuchtung stets eintreten, und die ihre Ursachen in der relativen gegenseitigen Beeinflussung von hellen und dunkeln Flächen haben. Man denke sich z. B. zwei gleich hohe, gleich orientierte, gleich stark und nach gleicher Seite geneigte flache Terrassen zwischen steilen hohen Berghängen, die eine im Schatten-, die andere im Lichthang eines Tales. Die natürliche und die Wiehelsche geometrische schiefe Beleuchtung weisen beiden Flächen genau gleichen Schattierungsgrad zu; die eine ist jedoch eingerahmt durch dunklere, die andere durch hellere Flächen; dadurch erscheinen sie unserem Auge ungleich hell. Wollen wir gleiche Flächenlage vortäuschen, so müssen wir sie, je nach ihrer Umgebung, *ungleich* schattieren. —

Alles dies erfordert starke Abweichungen von der Hell-Dunkel-Verteilung unter dieser oder jener bestimmten natürlichen oder geometrischen Beleuchtung; aber alle diese Abweichungen sind derart, dass wir sie nicht bemerken. Wir glauben ein bestimmtes plastisches Gebilde unter einem einheitlichen schiefen Lichteinfall zu sehen.

In der zusammenfassenden und Wesentliches betonenden Schattierungsabstimmung, in der Wahl von charakteristischen Innen-silhouetten durch kleine Lichtrichtungsvariationen, in der geschickten Verwendung der Schattierungsübergänge, der Streif- oder Halb-

schatten liegt die Kunst des Schattierens. Ungegliederte volle Licht- und Schattenflächen ohne Uebergangstöne oder unruhig scharfe Modellierung von Detailformen ohne beruhigende Zusammenfassung durch Gesamtschatten oder Gesamtlicht sind typische Anfängermerkmale.

Es drängt sich hier, wo wir die zweckmässigste Richtung der schiefen Beleuchtung diskutieren, die alte kartographische Streitfrage der *Nordwest- oder Südbeleuchtung* auf. Ueblich ist fast allgemein eine durchschnittliche West- bis Nordwestbeleuchtung. Daneben findet und fand von jeher die Südbeleuchtung eifrige Befürworter, da sie der stärksten mittleren Besonnung entspricht. Für und gegen beide Richtungen lassen sich gute Gründe ins Feld führen. Da diese Frage Gegenstand einer Spezialuntersuchung sein soll, will ich hier nicht näher darauf eintreten.

Es wird der schiefen Beleuchtung vorgeworfen, dass sie die zufällig beschatteten Bergseiten steiler und die dem Lichte zugewandten Hänge flacher erscheinen lasse, dass sie Plateauformen schlecht wiederzugeben vermöge und aus weichen runden Bergrücken scharfe und oft einseitig überliegende Kämme und aus Trogtälern Kerbtäler mache. Solche *Klippen* bestehen und ich kenne keine Reliefkarte, die sie völlig umschiff hat. Trotzdem glaube ich, dass derartige Mängel nicht in dem Umfange, wie es die Karten allgemein zeigen, der schiefen Beleuchtung naturbedingt anhaften *müssen*. Tatsache ist, dass bei einer geometrischen, natürlichen oder natürlich erscheinenden schiefen Beleuchtung Böschungsunterschiede auf der Schatten- seite eines Berges viel kräftiger in Erscheinung treten, als auf der Lichtseite; denn die Helligkeit ist proportional dem Sinus des Lichteinfallswinkels. Es ändert sich daher bei gleichem Böschungswechsel die Schattierung auf der Lichtseite weniger, auf der Schattenseite mehr. Ch. v. Steeb bemerkt hiezu¹: „Dieser verschiedene Einfluss einer Neigungsänderung wird durch eine Eigentümlichkeit des Auges teilweise wieder ausgeglichen. Dasselbe empfindet nämlich die gleiche Aenderung in der Helligkeit bei stark beleuchteten Flächen deutlicher, als bei schwach beleuchteten.“ — Dieser Ausgleich vermag die angeführte Tatsache zu mildern, nicht aber aufzuheben. Jeder Reliefkartenzeichner weiss, dass sich die Schattenhänge viel leichter modellieren lassen, als die Lichtseiten der Berge.

Diese nicht wegzuleugnende Schwierigkeit wird in der allgemein üblichen Art der Reliefschattierung noch ganz bedeutend gesteigert, dadurch, dass in grundsätzlicher Abweichung von den bis hierher geschilderten konsequenten schiefen Beleuchtungsarten die horizontale Ebene *ohne* Schatten dargestellt wird. Wie wir gesehen haben, liegt bei den betrachteten Prinzipien schiefer Beleuchtung die horizontale Ebene in einem Halbschatten. In diesem natürlichen Halbschatten

¹ Chr. v. Steeb: *Terraindarstellung mit schiefer Beleuchtung*. S. 3.

liegt gutenteils die Ursache ihrer ausserordentlich klaren Plastik und auch der Schlüssel, wenn nicht zur völligen Umgehung, so doch zur Milderung der erwähnten Klippen; denn die lichtseitigen Böschungen treten dabei hell daraus hervor; der Böschungswechsel wird so in ähnlicher, wenn auch etwas schwächerer Weise sichtbar, wie auf der Schattenseite durch den Uebergang von einem helleren zu einem kräftigeren Schattenton. Aber gerade dieser Schatten der Ebene wird in der bisherigen Reliefkartographie gefürchtet und weggelassen. Man befürchtet von ihm einen unschönen und düsteren Eindruck, man befürchtet eine in den siedelungsreichen Talböden und Ebenen lästige Verdunkelung und man befürchtet schliesslich einen Konflikt des Schattentones mit der Höhenschichtenfarbe, welche letztere für verschieden hoch gelegene Talböden verschieden sein muss und stets klar bleiben soll. Diese Befürchtungen und zum guten Teil die Macht der Gewohnheit mögen schuld sein daran, dass eine konsequente, an sich idealste und ausdrucksfähigste Art der schiefen Beleuchtung in der Reliefkarte kaum je Verwendung gefunden hat, sondern dass, entgegen allen am schräg beleuchteten Modell beobachteten Eindrücken, die Ebenen und Talböden stets unbeschattet dargestellt werden. Dies führt uns zu den beiden letzten Arten der schiefen Beleuchtung, wie wir sie nun tatsächlich in den Karten vorfinden.

4. „*Dufourbeleuchtung*“. Ich wähle diese — von Penck¹ geprägte — Bezeichnung für eine Schattierungsart, wie sie in der Dufourkarte und seit dieser in vielen andern Karten verwendet wird. Die Dufourkarte ist eine Schraffenkarte. Mit der Schraffe, die in ihrer Richtung dem Grundriss von Geländefalllinien folgt, lässt sich eine horizontale gefällslose Fläche nicht in einen grauen Schatten abtönen; sie bleibt naturgemäss frei von Falllinien oder Schraffen, also weiss. Der aus ihr emporsteigende Lichthang sollte sich bei einer konsequenten schiefen Beleuchtung hell von der grauen Ebene abheben; da aber die Ebene selbst schon weiss ist, ist dies nicht möglich, und, um den Böschungswechsel doch sichtbar zu machen, wird der Gehängefuss auch an der Lichtseite leicht schattiert. Wir haben es also mit einer Kombination von schiefer und senkrechter Beleuchtung zu tun: gegen die Gipfel und Gräte zu schiefe Beleuchtung, in den Taltiefen und an kleineren flacheren Formen eine Beimischung von senkrechter Beleuchtung. Soweit dabei die schiefe Beleuchtung verwendet wird, erfolgt dies im Sinne der geschilderten modifizierten, den einzelnen Formen möglichst gerecht werdenden Art. Die Dufourschattierung wurde dann auch von zahlreichen geschummerten Reliefkarten übernommen (Beispiele: Randeggers Schülerkarte 1 : 200'000 und Schulwandkarte 1 : 50'000 des Kt. St. Gallen). Zur Erzeugung eines unmittelbaren Formeindrucks wirkt diese Art des Schattierens stellenweise direkt widersinnig; wir empfinden dies jedoch nicht als störend,

¹ Neue Karten und Reliefs der Alpen.

infolge unserer Schulung und Angewöhnung und der suggestiven, das Ganze hinaufreissenden Wirkung der Gratpartien, die in unsern alpinen Kartenbeispielen stark dominieren. Sobald wir diese schief beleuchteten Gratpartien zudecken, so erwecken die übrigen Teile mit ihrer kombinierten schiefen und senkrechten Beleuchtung auf den Ungeübten einen unklaren Formeindruck. Dies gilt weniger für schraffierte, als für geschummerte Karten, wo wir des orientierenden Mittels der Geländefalllinie entbehren. In flachwelligen und plateauartigen Gebieten, wo die Böschungen häufig in Ebenen und ebene Rücken übergehen, kommen wir bei der Dufourbeleuchtung kaum um die oben erwähnten Klippen herum; namentlich finden wir in solchen Karten sehr häufig den Eindruck zu flacher Licht- und zu steiler Schattenhänge.

5. *Schiefe Beleuchtung mit besonderem Lichtton.* Diese Nachteile einer kombinierten schiefen und senkrechten Beleuchtung haben dazu geführt als Äquivalent zum Schattenton für die lichtseitigen Böschungen einen besonderen gelblichen, rötlichen oder bräunlichen „Lichtton“ einzuführen. Dieser Lichtton soll die Lichtseiten in ähnlicher Weise von der hellen ebenen Fläche abheben, wie es der Schattenton auf der Schattenseite macht. Beispiele solcher Karten sind: Landschaft Davos 1 : 50'000 in Reliefbearbeitung der Siegfriedkarte durch Hofer & Co.; Reliefkarte des Schwarzwaldes 1 : 200'000 von J. Frey (Kümmerly & Frey); Carte du Canton de Neuchâtel 1 : 100'000, adoptée par le Département de l'instruction publique, Kümmerly & Frey, und zahlreiche andere Reliefkarten. Die gerügten Einseitigkeiten verschwinden aber auch hier nicht ganz; denn solche rötliche oder bräunliche Lichttöne wirken doch immer viel schwächer, als die Schatten; sie sind viel weniger modellierfähig, als diese und erscheinen meistens nicht heller, nicht belichteter, als die neben ihnen liegende hellgrüne oder weisslichgraue Ebene. Wir haben nicht, wie es einer natürlichen und unmittelbar wirkenden Schattierung entspräche, *mehr* Licht, sondern nur eine andere Farbe des Lichtes, in der Ebene weissliches Licht und am Hang rötliches und zudem meist schwächer wirkendes. Wenn nicht sehr vorsichtig abgestuft wird, so erhalten wir von solchen Karten den unklaren, verworrenen Eindruck einer verschiedenfarbigen Zwiellichtbeleuchtung, wie bei einem Relief, das durch eine weisse Lichtquelle steil von oben und durch eine rötliche stark von der Seite her beleuchtet würde.

Manchmal wird nicht ein besonderer Lichtton in die Karte eingemalt oder hineingedruckt, sondern er wird durch die Horizontalkurven erzeugt. Bei zweckmässiger Wahl der Aequidistanz scharen sich an steilen Böschungen diese Kurvenlinien so, dass sie wie eine mehr oder weniger lockere Horizontal-Schraffur wirken. Die Farbe dieser Linien verbindet sich für unser Auge mit dem Geländeton und macht diesen wärmer oder kälter, rötlicher oder brauner. Wählt man orangerote Kurven, so färben diese auf der Lichtseite die hellen Flächen orangerot und erzeugen den gewünschten Lichtton, während

dieser Eindruck auf der Schattenseite durch die blauvioletten oder grauen Schattentöne ohne weiteres kompensiert werden kann. Ein ausgezeichnetes Beispiel hiefür ist Beckers Reliefkarte der Churfürsten- und Säntisgruppe 1 : 75'000, herausgegeben 1903 vom Schweizer Alpen-Club (Stich und Druck der topogr. Anstalt J. Schlumpf in Winterthur).

V. Schichtlinien.

Die Bedeutung der Schichtlinie oder Horizontalkurve für die Reliefkartenzeichnung ist selbstverständlich nicht auf die soeben erwähnte Erzeugung eines Lichttones beschränkt. Der Vergleich einer Reliefkarte mit einem entsprechenden Abdruck ohne Schichtlinien zeigt sofort den Wert der letzteren nicht nur als geometrisches Gerippe, sondern auch für das unmittelbare Auffassen einer Form.

Die geometrischen Eigenschaften der Schichtlinien sollen in diesem Zusammenhange nicht erörtert werden. Hingegen interessiert uns hier ihre Form-*Anschaulichkeit*.

Diese beruht auf einem gewissen Schattierungs- (oder ev. Belichtungs-) Eindruck, der durch die engere oder offenere Aneinanderlagerung der Linien erzeugt wird, und auf ihrem Wesen als charakteristische Erzeugende von Flächen. Das letztere scheint mir gegenüber dem reinen Schattierungseindruck stark zu überwiegen.

Die topographische Fläche, insbesondere die senkrecht von oben betrachtete, besitzt wohl Farb- und Schattierungswerte, jedoch keine Linien. Württemberger¹ urteilt über die Linie als allgemeines zeichnerisches Ausdrucksmittel: „Sie findet sich nicht in der Natur. Der menschliche Geist erschuf die Linie . . . Wir werden nie ergründen, warum eine Linie, ein Umriss uns die Vorstellung des Körperlichen, eines plastischen Körpers gibt. . . . Sie ist eine Abstraktion, ein Zeichen. . . . Mit der Linie treten wir ein ins Reich der Vorstellungen, der Gedanken. . . . *Das Zeichen wird ebensosehr aus der Vorstellung als aus der Erscheinungsform gewonnen.* Ja es scheint, als ob die Vorstellung stärker das Zeichen bestimme, als die Erscheinungsform.“ — Dies alles gilt auch von der Karten-Schichtlinie. Daher kann uns umgekehrt ein und dasselbe Linienbild, je nach der damit verbundenen Vorstellung, ganz verschiedene Eindrücke erwecken. Eine kleine Schar von Schichtlinien in der Karte erweckt im Kartenkundigen sehr leicht den Eindruck einer topographischen Form; dieser Eindruck fehlt jedoch vollständig bei der Betrachtung einer ähnlichen Schar krummer Linien in einer andern Karte, wo sie z. B. den Verlauf einiger Meereskabel bezeichnen². Wir glauben in einer Schar konzentrischer

¹ Ernst Württemberger: Zeichnung, Holzschnitt und Illustration. S. 17 u. f.

² Vgl. Schweizerischer Mittelschulatlas 1.—3. Auflage Seite 106—107 Nordamerika, politische Karte: Kabelschar zwischen Neu Schottland-Neu Fundland und Grossbritannien-Frankreich.

kreisförmiger Schichtlinien in der Karte einen Kegel oder einen Trichter zu sehen, während ein ähnliches Bild, wenn es die Jahrringe eines quer durchschnittenen Baumstammes darstellt, als ebene Scheibe aufgefasst wird. Solche Beobachtungen scheinen auf den ersten Blick eine Formanschaulichkeit der Schichtlinienzeichnung zu leugnen; sie zeigen jedoch nur wieder erneut, wie ausserordentlich stark der Einfluss der Vorstellungsreproduktion gegenüber der Erscheinungsform oder die Anlehnung an bekannte und unbewusst geweckte Beobachtungserfahrungen sein kann.

Das Erkennen einer Flächenform im Bilde ihrer charakteristischen Erzeugenden, der Schichtlinien oder auch der Schraffen, erscheint uns darum relativ leicht, weil wir an ähnliche Uebertragungen von Formen in ebene lineare Bilder durch zahllose Darstellungen der bildlichen Kunst gewöhnt sind. Eine Schar von parallelen, gleichabständigen und gleich starken geraden Linien erweckt stets den Eindruck einer ebenen Fläche. Ändern wir irgend ein Element in dieser Linienschar, z. B. die Strichstärke oder den Linienabstand oder die Linienrichtung oder alle drei zusammen, so wird der Eindruck einer Flächenänderung erzeugt. Unter sämtlichen erzeugenden Linienscharen einer Fläche gibt es häufig zwei besonders charakteristische, z. B. an einem Zylinder (Baumstamm) die gleichabständigen Mantellinien und noch besser die dazu senkrechten aequidistanten Schnittkreise; auf einem Kegel, z. B. in einer Ansichtszeichnung eines natürlichen Geröllkegels, die Mantel- resp. Falllinien und die dazu senkrechten und aequidistanten Horizontalen. Wir können solche typischen Linienscharen in irgend einer ebenen Bildprojektion betrachten, immer veranschaulichen sie in klarster Weise die Form. Jede Abweichung von der Aequidistanz charakteristischer Schnitte stört den unmittelbaren Formeindruck, da die Linien nicht nur als Einzelelemente wirken, sondern auch durch ihre flächenbildende Scharung. In der linearen Ansichtszeichnung, z. B. in der Federzeichnung, im Kupferstich, im Linienholzschnitt begegnen wir überall einer entsprechenden Verwendung der Linienschar zur Modellierung von Flächen in der „Daraufsicht“. Zahlreiche Beispiele solcher Formwiedergabe finden sich in den bekannten morphologischen Landschaftsdiagrammen von Davis¹, in den Panoramen Imfelds, vor allem aber in überraschender Klarheit, Ausdrucksfähigkeit und Einfachheit bei den grossen Meistern der Linie, bei Dürrer, Rethel etc. (Kleiderfalten, Körperteile u. s. w.). Wer an Dürrers Holzschnitten oder an Rethels Totentanz die wunderbare Ausdrucksfähigkeit der Linie erkennt und dann den kleinen Schritt unternimmt zur verwandten engscharigen Schichtlinienzeichnung einzelner Kartenteile, kommt beinahe in die Versuchung, diese letztere nicht für eine blosse gedankliche Fiktion, sondern für Erscheinungsform zu halten. Becker betonte diese formanschauliche Kraft der

¹ Morris Davis: Die erklärende Beschreibung der Landformen.

Schraffen und Schichtlinien als charakteristische Flächenerzeugende, indem er jene oft als *Herab-* und diese als *Herumlinien* bezeichnete. Aus dem Gesagten und aus der Kartenbetrachtung geht hervor, dass diese formanschauliche Kraft der Horizontalkurve nur innewohnt, wenn sie unserm Auge als mehr oder weniger geschlossene *Scharung ähnlicher Linien* entgegentritt. Sobald die Kurven im Gewirre der übrigen Kartenzeichnung einzeln auftreten, verlieren sie ihre leichte flächenhafte Formanschaulichkeit. Ebenso stört ein Wechsel der Schichthöhe innerhalb einer Karte den Formeindruck. Es ist dies nicht nur eine Folge der Kartenlese-Angewöhnung allein, sondern eine Uebertragung der geschilderten allgemeinen Beobachtungen an Zeichnungen, wie sie sich in jedem Menschen stets neu und natürlich bilden.

Der *Schattierungseindruck* der Schichtlinien ist verwandt demjenigen der Schraffen nach sogenannter senkrechter Beleuchtung. Hier wie dort können wir den Schattengrad messen und ausdrücken am Verhältnis der Strichfläche zu einer papierweissen Flächeneinheit. Nach Penck ist diese Schattierung proportional der Tangente des Böschungswinkels und der gewählten Strichdicke, aber umgekehrt proportional der Aequidistanz und dem Kartenmasstabe¹. Sie ist ferner umso kräftiger, je dunkler die Kurvenfarbe gegenüber der Papierfarbe ist. Die Strichdicke beträgt in der Regel etwa 0,1—0,2 mm. Die Fig 23 (Tafel VI) enthält die Schattierungskurven einiger gebräuchlicher Schichtlinienkarten. Für jede Kurve sind dabei Kartenmasstab, Aequidistanz und Strichdicke angegeben. Vorausgesetzt ist schwarze Kurvenfarbe auf weissem Papier.

Diese graphische Darstellung und zahlreiche Kartenbetrachtungen zeigen folgendes: Das Schattierungsprinzip „je steiler desto dunkler“ gestaltet sich hier bedeutend ungünstiger, als bei den gebräuchlichen Schraffenkarten in sogenannter senkrechter Beleuchtung, und zwar erscheint es umso schlechter, je grösser die Aequidistanz im Verhältnis zur Masstabzahl gewählt wird. Für die grossen Planmasstäbe bis etwa 1:10'000 ist im allgemeinen ein konstantes solches Verhältnis gebräuchlich: Aequidistanz in Meter = $\frac{1}{1000}$ des Masstabnenners, also 1 m für 1:1000, 2 m für 1:2000, 5 m für 1:5000, 10 m für 1:10'000. Man nennt es oft das Normal- oder Planverhältnis. Es entspricht ihm die am stärksten eingebogene Linie der Figur 23. Mit kleiner werdendem

¹ Vgl. Penck: Neue Karten und Reliefs der Alpen S. 73 u. f.

Die Schattierung σ der Schichtliniendarstellung, das heisst der Anteil von Schwarz (resp. Farbvollton) zur weissen Flächeneinheit soll nach Penck der wirklichen (geometrischen) senkrechten Beleuchtung entsprechen. Dies ist nicht genau der Fall; denn es beträgt für Schichtliniendarstellung (nach Penck) $\sigma = \frac{b}{d} \cdot \mu \cdot \operatorname{tg} \alpha$, worin b = Strichdicke; d = Aequidistanz; α = Böschungswinkel; μ = Nenner der Kartenmasstabzahl.

Für senkrechte Beleuchtung hingegen ist $\sigma = 1 - \cos \alpha$. Man vergleiche auch die Figur 23 (Tafel VI).

Tafel VI.

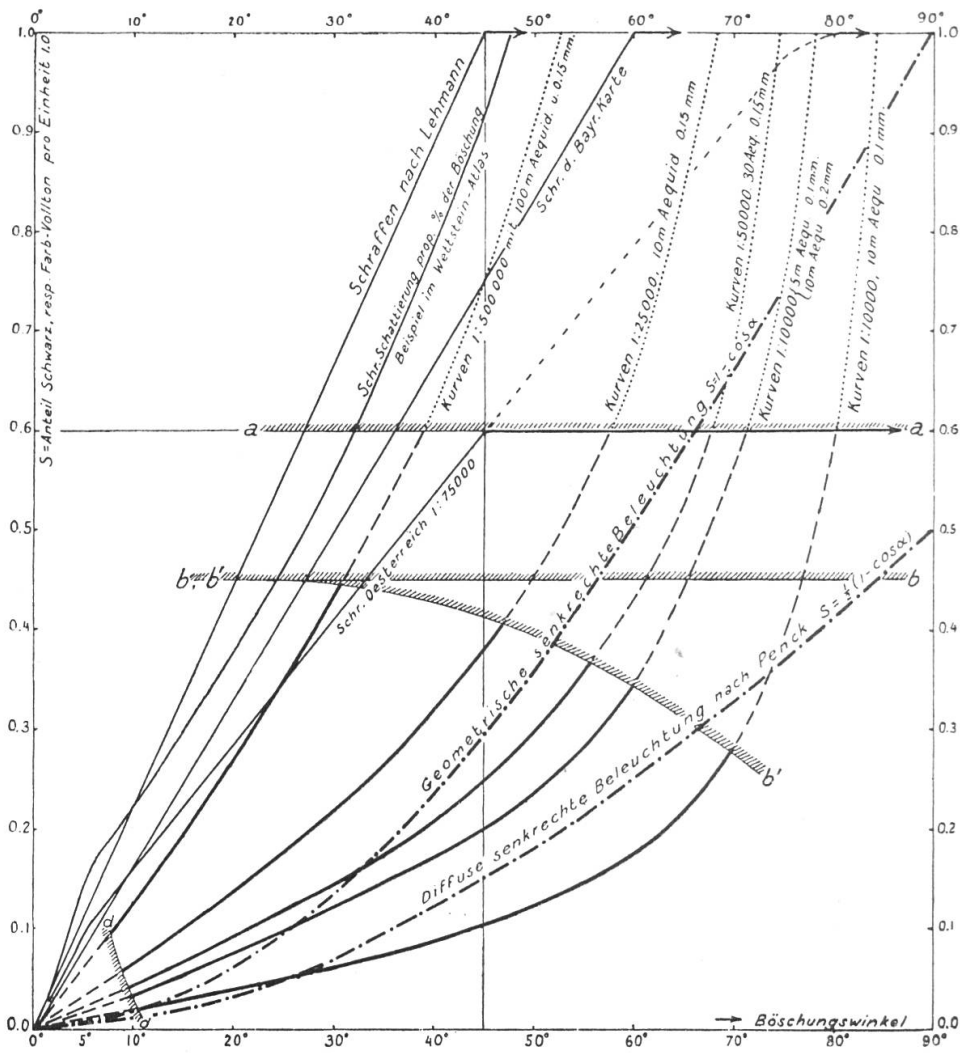


Fig. 23: Schattierungsgrad einiger Schraffen- und Schichtlinienarten und bei geometrischer und diffuser oder natürlicher senkrechter Beleuchtung.

Masstab ist allgemein eine relativ dazu kleinere Aequidistanz gebräuchlich und notwendig. Je kleiner die Aequidistanz wird im Verhältnis zum Masstab, desto mehr nähert sich der Schattierungseindruck demjenigen einzelner Schraffenkarten. Je näher wir aber dem Planverhältnis kommen, desto ungünstiger wird der Schattierungseffekt; denn die Schattierung steigert sich in den häufig vorkommenden mässigen Böschungen freilich im allgemeinen etwas stärker, als bei der geometrischen oder natürlichen senkrechten Beleuchtung, aber doch zu wenig, um nützliche und genügende Schattierungsunterschiede zu liefern. Für die nichtvorkommenden oder nicht in Schichtlinien darzustellenden steilen Böschungen hingegen würden rapide Schattierungssteigerungen erfolgen, die noch über das Mass einer geometrischen oder natürlichen senkrechten Beleuchtung hinausgehen. Wir haben also allgemein eine ungünstigere Schattenverteilung, als

bei der Schraffenkarte und zwar wird sie — wie gesagt — umso ausdrucksloser, je grösser die Aequidistanz ist im Verhältnis zum Massstab. Ausser dem hier in erster Linie in Frage kommenden geometrischen Gesichtspunkte spricht somit auch das Bestreben nach wirksamer Plastik durch Schattierung und Horizontalschraffierung für die Wahl einer möglichst kleinen Aequidistanz. Diese *Minimalaequidistanzen* sollen im folgenden betrachtet werden. Eckert¹ gibt in Anlehnung an Pencks² Berechnungen eine Zusammenstellung der kleinsten *möglichen* Aequidistanzen von Hochgebirgskarten in den Masstäben von 1 : 10'000 bis 1 : 100'000. Diese sind *nur* abhängig vom Kartenmasstab, vom Neigungswinkel der steilsten durch Kurven darzustellenden Böschungen und von der Strichdicke³. Nimmt man (nach Penck und Eckert) als steilste, noch durch Kurven darzustellende Böschung 60° und als maximal mögliche Anzahl 4 Kurven pro 1 mm an (was bei 0,15 mm dicken Linien einem Verhältnis schwarz: weiss = 0,6 : 0,4 oder unserer *Grenze a—a der Darstellbarkeit* in Kurven der Figur 23 entspricht), so beträgt die Aequidistanz $= \frac{M}{1000} \cdot \frac{\text{tg } 60}{4} = \frac{M}{1000} \cdot \frac{\sqrt{3}}{4} = \frac{M}{1000} \cdot 0,43$ Meter, worin M der Nenner der Masstabszahl bedeutet.

Die nachfolgende Tabelle gibt auf der obersten Zeile diese Werte für die gebräuchlichsten Kartenmasstäbe.

Nun deckt sich aber der Begriff der *kleinstmöglichen* nicht völlig mit demjenigen der *kleinst zulässigen*, das heisst noch *lesbaren* Aequidistanz. Die Kurven sollen ohne zu grosse Schwierigkeit einzeln lesbar und abzählbar sein. Nach Penck und Eckert ist dies gerade noch der Fall, wenn sich nicht mehr als *drei* Kurven in einen Millimeter drängen. Dafür sind aber, abgesehen von Felsgebieten, die meist

¹ Max Eckert S. 601.

² A. Penck S. 70—72.

³ Wenn Eckert trotz seiner vorausgehenden richtigen Berechnung hierüber auf Seite 601 unten sagt: „Die Berechnung des kleinstmöglichen Isohypsenabstandes hat Neigungswinkel, Höhe, Aequidistanz und horizontale Entfernung der Schichtlinien oder einen Teil dieser Entfernung zu berücksichtigen“, so ist mir der Sinn dieses Satzes ein Rätsel. Seine Tabelle Seite 602—603, die für verschieden geneigte Böschungen, verschiedene Masstäbe und auf Grund der kleinsten zulässigen Horizontalabstände der Schichtlinien die kleinstmöglichen Aequidistanzen anzeigt, gibt für die letzteren zu kleine und nicht mit seiner Berechnung auf Seite 601 übereinstimmende Werte; denn Eckert geht bis zu einem kleinst zulässigen Horizontalabstand der Schichtlinien von 0,2 und häufig von 0,17 mm hinunter. Dieser gäbe aber nicht, wie es nach Seite 601 Zeilen 13 und 16 höchstens noch zulässig ist, 3—4 Schichtlinien pro 1 mm, sondern deren 5, resp. 6. Es muss berücksichtigt werden, dass auf die Eckertschen Beträge von 0,2, resp. 0,17 mm nicht nur ein Linien-Zwischenraum fällt, sondern ein Zwischenraum plus eine Strichdicke. Diese beiden zusammen benötigen aber mehr Raum um lesbar zu bleiben. Bei Annahme von 4 Linien pro 1 mm kommen wir, statt auf die Minimalbeträge von 0,2—0,17 mm der Tabelle, auf einen solchen von 0,25 mm und erhalten dementsprechend etwas grössere minimal darstellbare Aequidistanzen und zugleich Uebereinstimmung mit den Angaben der Tabelle Seite 601.

	1 2000	1 5000	1 10000	1 25000	1 50000	1 75000	1 100000	1 200000	1 500000	1 1000000
Minimal darstellbare Aequidistanzen (bei Bö- schungswinkel 60° und 4 Kurven pro 1 mm)	0.87	2.2	4.3	10.8	21.7	32.5	43.3	86.6	216	433
Minimallesbare Aequi- distanzen (Böschungs- winkel 45° und 3 Kur- ven pro 1 mm)	0.67	1.7	3.3	8.3	16.6	25.0	33.3	66.6	166	333
Mittelwerte	0.8	1.9	3.8	9.6	19.2	28.7	38.3	76.6	191	383
Abgerundete Mittel- werte nach Penck			4	10	20	30	40	80	200	400
Minimal lesbare Aequi- distanzen mit Berück- sichtigung der Veränder- ung durch den Masstab	2	4	8	15	25	30	40	80	200	400
In praktisch bessere Zah- len abgerundete Werte	2	5	10	10 oder 20	20 oder 25 oder 30	30	50	100	200	500
In der Schweiz meist gebräuchliche Werte	2 (-5)	5 (-10)	10	10	30	30-50	50-60	100	100	—

(Die 4 obersten Zeilen teilweise nach Penck und Eckert.)

nicht mehr in Kurven dargestellt werden, Böschungen von 60° nicht sehr häufig. Für Maximalböschungen von 45° und bei drei Kurven pro 1 Millimeter berechnen Penck und Eckert die in der zweiten Zeile der Tabelle angegebenen kleinst zulässigen Aequidistanzen. Die beiden ersten Zeilen enthalten somit die Minimalaequidistanzen einer Hochgebirgskarte, „falls man Böschungen von 60° gerade noch darstellen und solche von 45° bequem lesbar machen will.“ Die dritte Zeile enthält die Mittelwerte aus der ersten und zweiten, die vierte ab- oder aufgerundete Mittelwerte.

Eine eingehendere Prüfung dieser Aequidistanzen kann uns aber nicht ganz befriedigen; denn die Leserlichkeit ist, im Gegensatz zur Zeichnungsmöglichkeit, nicht nur von den oben genannten Bedingungen, d. h. vom daraus resultierenden Horizontalabstand abhängig, sondern auch von der *Ausdehnung* der in Frage kommenden maximalen Böschungen, vom Verhältnis oder von der Kontrastwirkung der Kurvenfarbe zur Papierfarbe, von der übrigen Bedeckung mit Signaturen, Schrift, Schummerungen etc., von der Schärfe der Linienführung (Sauberkeit des Stiches und Druckes) und von der Schulung und Beobachtungsfähigkeit des Kartenbenützers. Diese Einflüsse sollen hier nicht näher untersucht werden; ich begnüge mich damit, auf *einen* Punkt hinzuweisen: Sind die Böschungen von maximaler Steilheit sehr ausgedehnt und gleichförmig, so ist in der grossen Schar dichtgedrängter ähnlicher Linien das Erfassen einer einzelnen derselben viel schwieriger, als wenn das Liniengedränge lokal eng begrenzt ist. Daraus ergibt sich für ein- und dasselbe Gelände auch wieder eine *Abhängigkeit der Leserlichkeit vom Masstab*. Kleine Massstäbe mit ihren relativ reicher gegliederten Formen und weniger hohen und gleichförmigen Hängen bieten dem Auge durch überall vorkommende flachere Zwischen- und Nachbarpartien eine Art von Kurven-Abzähl-Leitern. Kleinst mögliche und kleinst zulässige oder lesbare Aequidistanzen fallen hier ungefähr zusammen. In den gleichförmigeren, ausgedehnteren Hängen grosser Massstäbe hingegen ist das Abzählen und individuelle Erfassen der Kurve bedeutend schwieriger; wir müssen daher für diese die Grenze der Leserlichkeit tiefer setzen, d. h. die Aequidistanz grösser wählen, oder aber deutlicher wahrnehmbare Leitkurven einschalten, die jedoch meist die Kontinuität der Hänge in unschöner Weise stören. Mit Berücksichtigung dieser Abhängigkeit vom Masstab erhalten wir als *minimal lesbare Aequidistanzen* ungefähr die Werte der 5. Zeile der obigen Tabelle. Die folgende Zeile gibt diese Werte in praktischere Zahlen auf- oder abgerundet. Die letzte Zeile endlich enthält eine Zusammenstellung der in der Schweiz für Gebirgskarten meist *gebräuchlichen* Aequidistanzen.

Auch diese *Grenzen der Lesbarkeit* lassen sich in unserer Fig. 23 ungefähr andeuten. Nehmen wir drei je 0.15 mm dicke schwarze Kurven pro 1 mm an, so ergibt dies ein Schattierungsverhältnis schwarz:weiss = 0,45 : 0,55 oder die ungefähre Grenze der Lesbarkeit = $b - b$. Berücksichtigen wir die soeben beschriebene Verminderung der Lesbarkeit mit grösser werdendem Masstab, so kommen wir auf die nur sehr roh angedeutete Lesbarkeitsgrenze $b' - b'$.

An unserer Tabelle lassen sich einige interessante Beobachtungen machen.

Die obern Zeilen entsprechen konstanten Verhältnissen von Masstab und Aequidistanz. Es ergäben sich dabei in der Figur 23 für alle Massstäbe identische Schattierungskurven. Eine bestimmte Böschung erschiene in jedem Masstab durch Kurvenscharen von über-

einstimmenden Abständen. Dies würde ein einheitliches Auffassen verschiedener Kurvenkarten erleichtern. Eine solche Konstanz ist aber praktisch nicht möglich infolge der notwendigen Auf- und Abrundung auf einfache Aequidistanzzahlen. Sie ist aber, wie wir gesehen haben, auch aus Gründen der Lesbarkeit nicht zweckmässig und, wie die letzte Zeile der Tabelle zeigt, nicht üblich. Wir finden in den grossen Planmasstäben relativ grössere, in den kleinern Masstäben oft relativ kleinere Aequidistanzen. So ergibt die unterste Zeile der Tabelle für Alpenkarten in 1 : 500'000 eine oft gebräuchliche Aequidistanz von 100 m, also eine kleinere als die kleinst mögliche! Diese merkwürdige Erscheinung, auf die Penck¹ hingewiesen hat, treffen wir nicht selten auch in 1 : 600'000 mit 100, statt 200 m und in 1 : 750'000 mit 200, statt 300 m Aequidistanz.

Zu solchen kleineren als den kleinstmöglichen und kleinst leserlichen Aequidistanzen lässt man sich drängen durch die unangenehme Tatsache, dass ein der Masstabänderung entsprechendes Wachsen der Schichthöhe für alle flachen Kartengebiete zu sehr nachteiligen Unvollkommenheiten führen müsste. Es werden also Lesbarkeit und sogar strenge Richtigkeit der Kurven preisgegeben. Entweder lässt man an den steilsten Hängen die Kurven so dicht zusammen treten, dass sie ineinanderfliessen; die geometrische Lesbarkeit und Abzählbarkeit der einzelnen Linien geht dabei verloren; oder aber man verzerrt das Kurvenbild, indem man die steilsten Böschungen auf Kosten der sanfteren verflacht. Dadurch wird in alpinen Gebieten häufig die sehr charakteristische Terrassierung verwischt. Wir spüren in solchen Erscheinungen deutlich das Ende der Schichtliniendarstellung herannahen. Unhaltbar werden die Verhältnisse bei noch stärkerer Masstabsverringerung; denn wenn im Masstab 1 : 1'000'000 die kleinst mögliche Aequidistanz alpiner Gebiete 400 Meter beträgt, so ist dies ein Betrag, der für grosse Teile jeder solchen Karte die allerwichtigsten Geländeformen nicht mehr erfassen lässt. Geländedarstellungen in Schichtlinien sind daher in diesem Masstab nicht mehr möglich. Bei Masstäben 1 : 75'000 bis 1 : 200'000 zeigt die Tabelle im grossen Ganzen eine gute Uebereinstimmung zwischen den auf- oder abgerundeten kleinst zulässigen und den praktisch gebräuchlichen Werten. Die in der Schweiz häufige Aequidistanz von 60, statt 50 m für 1 : 100'000 ist lediglich eine Folge der bequemen Benützung der Siegfriedkarte (mit 30 m) als Grundlage. 30 m in 1 : 75'000 erweist sich in ausgedehnten Steilhängen des Hochgebirges schon als recht unangenehm eng.

Die *Aequidistanzen des eidgenössischen topogr. Atlas*, der sog. Siegfriedkarte und zwar sowohl 10 m für 1 : 25'000, wie auch 30 m für 1 : 50'000 sind Kompromisse. 20 m für 1 : 50'000 wäre (immer Hochgebirge und *keine* verdickten Leitkurven vorausgesetzt) zu eng

¹ Penck: Neue Karten und Reliefs der Alpen.

und 30 m ist etwas unnötig weit. Selbst wenn man die Nachteile der Zahl 25 (unbequeme weitere Spaltbarkeit) berücksichtigt, so kann man sich doch fragen, ob sie nicht der Zahl 30 vorzuziehen wäre; das Zählsystem 0, 25, 50, 75, 100 ist an und für sich einfacher als die Zählung 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 etc. Noch schwieriger ist es für 1 : 25'000 eine vollbefriedigende Lösung zu finden. 10 m ist, wie man sich an zahlreichen Siegfriedkartenpartien im Säntis-Churfirsten-Alviergebiet überzeugen kann, für die klare Erfassung der einzelnen Kurvenlinien zu eng. Auch die Tatsache, dass man sogar im Masstab 1 : 10'000 im Allgemeinen nicht unter 10 m geht, weist deutlich auf dieses Missverhältnis hin. Jede Vergrösserung dieser Aequidistanz bis zur nächst höhern praktisch brauchbaren Zahl brächte aber für ausgedehnte flachere Gebiete sehr grosse Nachteile mit sich. So wählte man wohl mit Recht von zwei Uebeln das kleinere. Entschliesst man sich dazu, verdickte Leitkurven einzuführen, so wären unter der Voraussetzung eines *sehr* dünnen, sauberen und scharfen Linienzuges 20 m für 1 : 50'000 und 10 m für 1 : 25'000 die zweckmässigsten Aequidistanzen. Diese Systeme böten den grossen Vorzug übereinstimmender Böschungseindrücke und einfachster und weitgehender weiterer Spaltbarkeit (Interpolationskurven von 10, resp. 5 m). Man darf sich aber nicht verhehlen, dass durch die Einführung verdickter Leitkurven immer ein Teil der Kartenschönheit geopfert und leicht ein unrichtiger treppenartiger Eindruck geweckt wird. Dafür würde aber die praktische Verwendbarkeit der Karte erleichtert und im Massstab 1 : 50'000 könnten zahlreiche Kleinformen schärfer erfasst werden.¹

In den grossen Planmasstäben weichen die gebräuchlichen Aequidistanzen stark von den minimal darstellbaren ab. Eine Ursache liegt, wie wir schon gesehen haben, im grossen Unterschied, der hier zwischen minimaler Darstellbarkeit und minimaler guter Lesbarkeit besteht. Es gibt aber noch einige weitere Gründe hiefür: Eine der minimalen Darstellbarkeit entsprechende kleinere Aequidistanz und damit eine genauere geometrische Formfestlegung ist für die praktischen Bedürfnisse selten nötig und wäre daher unwirtschaftlich. Zwischen Genauigkeit und Aequidistanz besteht aber ein sehr enger Zusammenhang. Kleinmasstabige Karten besitzen stets relativ genauere Schichtlinienbilder, als die grossmasstabigen, weil sie aus diesen durch Reduktion entstehen. Sie stellen stets relativ kompliziertere, viel feiner gegliederte topographische Flächen dar, als die grossmasstabigen; es sind zu deren genügender Festnagelung daher auch relativ kleinere Schichthöhen notwendig.

Eine Vergrösserung der Aequidistanz über die betrachteten Minimalwerte hinaus kann sich natürlich auch in allen kleineren Karten-

¹ Die Schweizerische Landestopographie hat zum Studium solcher Fragen im Jahre 1924 versuchsweise Kartenproben in diesem Sinne erstellt, jedoch nicht publiziert.

masstäben empfehlen, wenn der Zweck eine weitgehende Detaillierung nicht erheischt (Schulkarten), oder wenn die Schichtlinienzeichnung durch andere Geländedarstellungsmittel vervollständigt wird. Eine Verengung der Schichtlinien hingegen kann und *soll* stattfinden, wenn das darzustellende Gebiet nirgends oder nur selten die erwähnten steilen Böschungen aufweist. Beispiele: die Relief-Karten 1 : 125'000 des schweiz. Mittelschulatlases, wo die alpinen Karten 100, Mittelland und Jura 50 m Aequidistanzen besitzen.

Der Hauptmangel der äquidistanten Schichtlinienzeichnung, dieser geometrisch allen andern Verfahren weit überlegenen Darstellungsart, ist ihre *geringe Anpassungsfähigkeit* an verschiedene Geländeelemente, an steile und flache Böschungen. Wenn wir in Steilhängen mit der Aequidistanz an der Grenze des Möglichen und Notwendigen angelangt sind, so leiden alle flacheren Gebiete unter zu grossen horizontalen und vertikalen Kurvenabständen. Steilhänge werden mit allen ihren Details geometrisch stets viel vollständiger festgenagelt, als flache Gebiete. Dies legt den Gedanken nahe, den Grundsatz der Aequidistanz innerhalb ein und desselben Kartenblattes aufzugeben und die Schichthöhen den Geländeverhältnissen anzupassen, indem man z. B. für flache und kleine Geländeteile engere Schichtsysteme einschaltet. In beschränktem Masse ist dies schon längst üblich durch die sog. *Zwischenkurven* oder *Hilfs-* oder *Interpolationskurven*. Es sind dies meist fein punktierte Linien von halber Schichthöhe. Zweifellos wird durch solche Einschaltungen und Schichthöhenveränderungen eine homogenere und exaktere geometrische Festnagelung der topographischen Fläche erreicht. Vom rein geometrischen und ökonomischen Standpunkte aus gäben veränderliche Schichthöhen, die sich jeder einzelnen Form anpassen könnten, die besten Resultate. Solchen und ähnlichen *Abweichungen von der Aequidistanz* werden jedoch, wie wir schon am Anfang dieses Kapitels gesehen haben, durch die Anforderung der Anschaulichkeit Grenzen gesetzt. *Die Aequidistanz ist das Grundprinzip der Schichtliniendarstellung.* Sie ist der Schlüssel, der es einem geschulten Durchschnittsbeobachter ermöglicht, die topographischen Formen im Bilde leicht zu erkennen. Das negative Ergebnis der bis heute vorliegenden Versuche, die Aequidistanz preiszugeben, bestätigt diese Ansicht. Ich beschreibe kurz drei solche:

1. Für den „Grundbuch-Uebersichtsplan“ werden gegenwärtig in der Schweiz vielerorts topographische Gebirgsaufnahmen im Massstabe 1 : 10'000 ausgeführt. Die normale Aequidistanz ist 10 m. Die Kurven werden auch im Felsgebiete durchgezogen. Die 10 m Kurven drängen sich aber in steilen zerklüfteten Wänden so eng an- und durcheinander, dass sie oft nicht mehr zu entwirren sind. Dies führte dazu, im Felsgebiet eine grössere Aequidistanz, z. B. 30 m, einzuführen. Die Figur 25 zeigt einen Ausschnitt aus einer solchen stereophotogrammetrischen Aufnahme der Schweizerischen Landes-

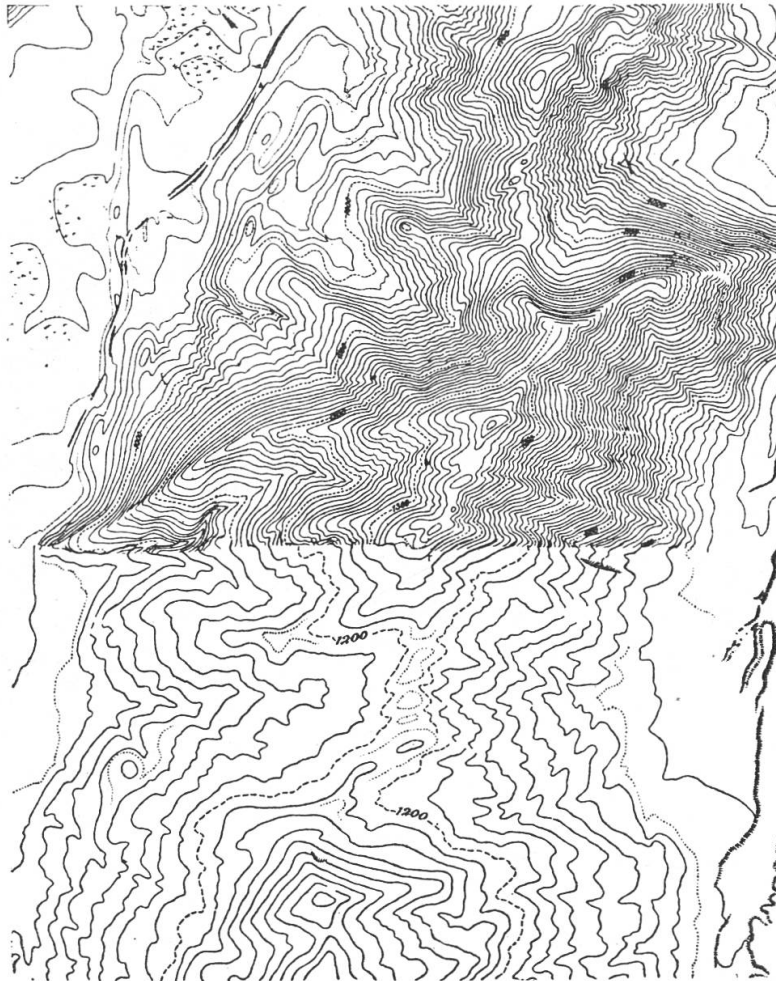


Fig. 24: Masstab 1:50000; oben 10 m, unten 30 m Aequidistanz.

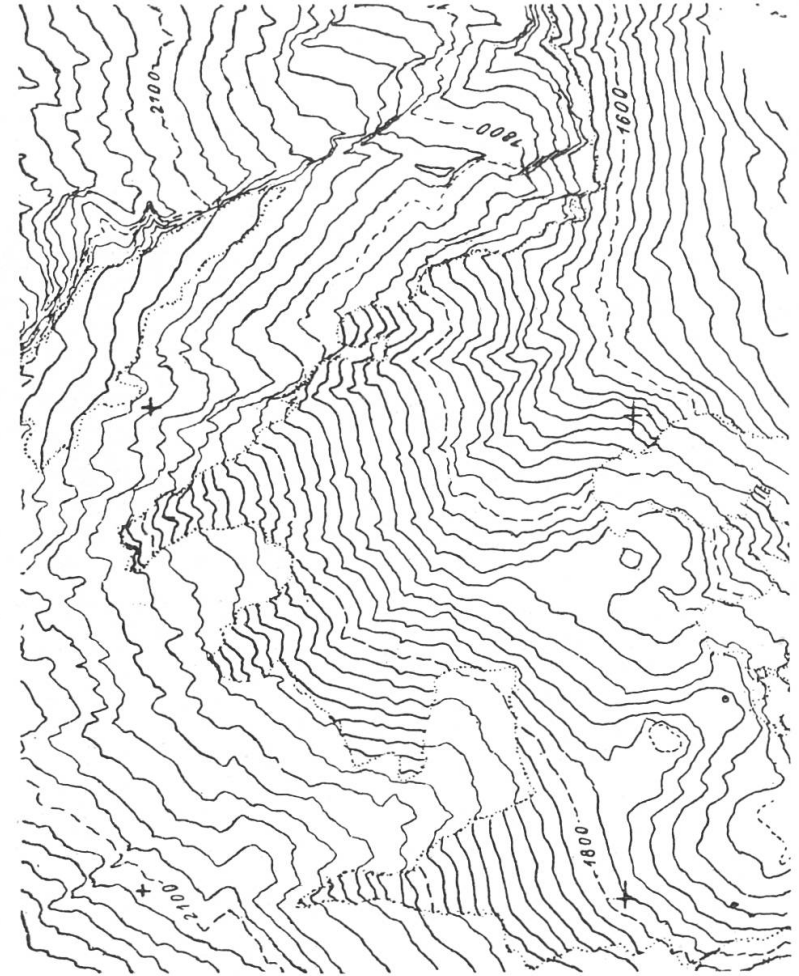


Fig. 25: Masstab 1:10000. Aequidistanz 10 m, im Fels 30 m.

topographie. Die flacheren Geröllzungen, die sich in die Felsrinnen hinaufziehen, sind in 10 m, das Felsgebiet in 30 m Kurven dargestellt. Der plastische Effekt des Ganzen ist ein falscher. Wir werden nochmals auf dieses Beispiel zurückkommen, um zu sehen, ob und wie der irreführende Eindruck aufgehoben werden kann.

2. In Brunns Karte von Südbayern und Tirol, Masstab 1 : 600'000¹ finden wir in vielen alpinen Gegenden, z. B. im südlichen Etschtal und am Gardasee, Aequidistanzen von 100 m, in andern Gegenden, z. B. am Walensee in der Schweiz solche von 200 m und im Engadin, bei Davos etc. solche von 500 m. Im Gegensatz zum ersten Beispiele liegt dieser Schichthöhenveränderung nicht eine bestimmte Absicht, nicht das Suchen nach einer guten Lösung zugrunde. Es ist vielmehr ein Beispiel der fabrikationsmässigen, unkartographischen Art, mit der vielerorts Karten hergestellt werden. Je nach den hier und dort gerade zur Verfügung stehenden Grundlagekarten, wurden die Kurven zweck- und wahllos bald in dieser, bald in jener Aequidistanz gezeichnet. Der Eindruck dieser Karte ist ein durchaus falscher, indem z. B. die mittelhohen Berge des südlichen Alpenrandes kräftiger erscheinen, als die viel höheren zentralen Gebirgsketten. Es ist nicht möglich, verschiedene Gebiete miteinander zu vergleichen. Der falsche Eindruck wird auch durch die wirkungslose und höchst mangelhafte graue Schummerung in keiner Weise verbessert.

3. Es liegt mir das Blatt des Truppenübungsplatzes Grafenwöhr 1 : 25'000 vor². Es stellt die Geländeböschungen durch wechselnde Aequidistanzen dar, indem je nach Bedürfnis engere, feinere, teilweise gestrichelte und unterbrochene Kurvensysteme in ein kräftigeres, durchgehendes Leitkurvensystem eingetragen werden. Der geometrische Vorzug ist unverkennbar; es werden Klein- und Flachformen erfasst, ohne dass sich die Schichtlinien in den steilen Hängen zu sehr stauen. Die Anschaulichkeit, das sofortige Erkennen der Form wird jedoch sehr stark beeinträchtigt.

Nach ähnlichem Prinzipie sucht W. Schüle, der Chef der Sektion für Kartographie der Schweiz. Landestopographie, dem Schichtlinienproblem beizukommen. Er hat, meines Wissens als Erster, schon seit einer Reihe von Jahren eingehende Studien und Versuche in dieser Richtung angestellt. Da aber die bisherigen Kartenproben nach der

¹ Westliches Blatt von Brunns Karte der deutschen und österreichischen Alpenländer, Ostalpen. Eigentum, Druck und Verlag von Oscar Brunn, München.

² Truppenübungsplatz Grafenwöhr. Vorläufige Ausgabe 1 : 25'000. Bearbeitet im Bayer. Topogr. Bureau 1922. Erschien als Kartenbeilage zu: Stollberger, Kampfschule f. Inf. I.

Äehnliche Karten sind auch von andern deutschen Truppenübungsplätzen erschienen.

Man vergleiche auch die betreffenden Mitteilungen im soeben erschienenen Aufsatz von W. Hartnack: Die Topographische Grundkarte des Deutschen Reiches. Petermanns Mitteilungen 71. Jahrgang 1925. 7./8. Heft, Seite 172.

Aussage des Herrn Schüle noch sehr unvollkommen und nicht schlüssig, jedoch verbesserungsfähig sind, so wäre ein abschliessendes Urteil darüber verfrüht.

Alle erläuterten Beispiele zeigen, dass die Anforderung der Anschaulichkeit eine Preisgabe des Prinzipes gleicher Schichthöhen im allgemeinen verbietet. Ich glaube aber, dass innerhalb gewisser Grenzen und unter gewissen Bedingungen Ausnahmen möglich und sogar empfehlenswert sind. Um diese zu erkennen, müssen wir nochmals auf die Diskussion der *Anschaulichkeit* von Kurvenbildern zurückkommen.

Wir haben gesehen, dass diese verursacht wird durch die flächenartigen *Scharungen* von *charakteristischen ähnlichen Form-Linien*, erzeugt durch aequidistante Schnitte, und durch die hiedurch hervorgerufene *Schattierung*. Es zeigt sich ferner, dass gerade da, wo enge Scharung, grosse Aehnlichkeit der aneinander gereihten Kurvenstücke und starke Schattierungssteigerungen zu einer guten Flächenmodellierung führen müssten, also in den steilen Böschungen, die Darstellung beschränkt ist durch die Unmöglichkeit die Kurven über ein gewisses Mass zusammen zu drängen. Gehen wir aber in die flacheren Böschungen, so nimmt der flächenhafte Zusammenhang der Kurven und damit auch ihre formmodellierende und schattierende Wirkung rasch ab; denn solche Wirkungen entstehen nur da, wo sie unserm Auge als Gesamtheit, als ähnlich verlaufende *Linien-schar*, als offenere oder engere Schraffur erscheinen. Sobald eine Kurve im übrigen Linien- und Zeichengewirre der Karte isoliert auftritt und sich in ihrem Verlauf zu sehr von den Nachbarkurven unterscheidet, so hat sie vorwiegend nur noch geometrischen Charakter und verbindet sich höchstens mit den übrigen Karteneintragungen zu deren willkürlicher Verdunkelung.

Die Fig. 24 zeigt verschiedene dieser Erscheinungen an Kurvenbildern eines nicht sehr steilen Berges im Masstab 1 : 50'000 mit 10 und 30 m Aequidistanz. Bei der engen Scharung und kräftigen Schattierung der 10 m Kurven erscheint die Form sehr anschaulich; es ist jedoch in den steilen Partien zu mühsam die einzelnen Linien herauszulesen und abzuzählen, besonders wenn man bedenkt, dass sich in der fertigen Karte noch Wald- und andere Situationseintragungen über das Kurvenbild legen. Bei 30 m Aequidistanz ist ein geometrisches Erfassen der einzelnen Linien viel leichter möglich; die Form erscheint aber infolge der weniger engen Scharung viel unanschaulicher, obwohl sie ziemlich steil und nicht durch andere Eintragungen gestört ist. Ein noch isolierterer Verlauf der einzelnen Kurven tritt umso eher ein, je feingliedriger die darzustellende Form ist im Verhältnis zu Masstab und Aequidistanz. Die topographischen Formen grosser Planmasstäbe sind im allgemeinen einfach und plump. Die Schichtflächen in den dort möglichen relativ engen Aequidistanzen schneiden sie bis zu flachen Böschungen hinunter in Scharen ver-

wandter Linien, die die Formen leicht veranschaulichen. In kleinen Masstäben werden die Schichthöhen relativ zu den Formen so gross, dass eine Scharung eng verwandter Linien seltener entsteht. Das ganze Liniengewirre wird kompliziert und verworren.

Die *Anschaulichkeit* des Kurvenbildes ist somit abhängig von Masstab, Aequidistanz, Strichdicke und Farbe, wie auch von den Formen des Gebietes, von den übrigen Eintragungen und der Art ihrer Darstellung. Die Linie d — d der Fig. 23 sucht ihre *ungefähre* Grenze anzudeuten, so weit sie von Masstab, Aequidistanz und Strichdicke abhängt und sich am Schattierungsverhältnis ausdrücken lässt. Diese Linie steigt gegen die kleinen Masstäbe hin infolge der grössern Kompliziertheit und geringeren gegenseitigen Verwandtschaft der Kurven und infolge der dichteren übrigen Flächenfüllung, wie sie hier eintritt. Der Raum zwischen den Linien b' — b' und d — d bezeichnet ungefähr die Böschungen, für welche das Kurvenbild lesbar und zugleich anschaulich ist. Dieser Bereich verkleinert sich mit abnehmendem Masstabe mehr und mehr; er reicht bei 1 : 500'000 und 100 m Kurven nur etwa von 8° — 30°. Günstigere Verhältnisse zeigen die grösseren Masstäbe, indem z. B. im Kurvenplan 1 : 10'000 mit 10 m Aequidistanzen etwa von 10° — 70° eine lesbare und sehr anschauliche Schraffierung entsteht. Sogar noch flachere Formen sind hier ganz gut anschaulich infolge der Einfachheit der Linienzüge und der meist geringen Störung durch andere Eintragungen.

Sobald nun der horizontale Abstand der Kurven so gross wird, dass sie sich nicht mehr zu flächenhaften Scharen vereinigen, sobald also jede Linie im Gewirre der übrigen Details *einzel*n aufgefasst wird, der Kurve nur noch geometrische Bedeutung zukommt, und sobald auch nach Einschaltung der Zwischenkurven diese Bedingung erfüllt ist, so steht einer solchen Einschaltung nichts mehr im Weg. Aber auch in diesem Falle müssen solche Zwischenlinien als etwas Untergeordnetes durch feinern Linienzug oder sehr feine Punktierung leicht gekennzeichnet sein. Noch mehr ist dies nötig, wenn sie aus geometrischen Gründen stellenweise eingeschaltet werden schon bevor diese Bedingungen ganz erfüllt sind.

Eine Abweichung von der Aequidistanz ist ferner dann möglich, wenn die Kurvenzeichnung derart mit andern Geländedarstellungselementen verbunden wird, dass die ersteren zur Hauptsache eine geometrische Aufgabe übernehmen, während Plastik und Anschaulichkeit durch die letzteren erzeugt oder gefördert werden. Aber selbst hier ist Vorsicht am Platze. Ein Beispiel ist die schon erwähnte Kurvenzeichnung der Eidg. Landestopographie im Felsgebiet (Fig. 25). Der falsche Formeindruck, der infolge einer grösseren Aequidistanz im Felsgebiet entsteht, verschwindet, sobald dieses — wie es dort beabsichtigt ist — durch eine Felszeichnung oder einen kräftigen Ton deutlich vom Geröllsaum unterschieden wird. Ein weiteres Beispiel liefert eine neue Reliefkarte der Schweiz im Masstab

1 : 500'000¹. Gerade für Karten, welche die Alpen *und* das Flachland umfassen, ist es äusserst schwer, in solch grossen Masstäben mit einer einheitlichen Aequidistanz durchzukommen. Wir haben gesehen, dass die hier meist übliche Aequidistanz von 100 m im Hochgebirge nur unter Preisgabe der Leserlichkeit und der Richtigkeit der Linien möglich ist. Die mögliche und leserliche Aequidistanz beträgt vielmehr 200 m. Diese ist jedoch für die flacheren Gebiete zu gross. Es wurden nun überall, wo der horizontale Abstand der 200 m Kurven über ein gewisses Mass hinausgeht und überall da, wo es zur Erfassung wesentlicher Kleinformen nötig ist, 100 m Kurven eingeschaltet, diese aber durch sehr feine Punktierung von den 200 m Kurven unterschieden. Der falsche plastische Eindruck, der hiedurch bis zu einem gewissen Grade entsteht, kann durch die Reliefbearbeitung, durch Schattierung und Höhenschichtenfarben kompensiert werden. Solche Ergänzungen durch sehr fein gezeichnete Zwischenkurven empfehlen sich häufig, wenn, wie hier, ihr Eindruck durch andere Mittel ausgeglichen werden kann. Sie werden in diesem Sinne in der praktischen Kartographie viel zu wenig herbeigezogen.

Noch zwei Punkte sind kurz zu erwähnen:

Ich habe schon von den verstärkten *Zähl- oder Leitkurven* gesprochen, wie man sie in ausländischen Karten häufig findet, und darauf hingewiesen, dass die praktische Brauchbarkeit solcher Karten zwar gesteigert werde, dass aber anderseits ein unschöner, treppenartiger Eindruck entstehe. Völlig unangebracht sind jedoch solche verstärkten Leitkurven in der *Reliefkarte*; denn hier ist das Moment der anschaulichen Form gegenüber dem reinen geometrischen Charakter stärker betont, so dass jede Formstörung viel stärker empfunden würde, und ferner besorgt hier die Reliefbearbeitung das Hervorheben der Grossformen, das in der reinen Schichtlinienkarte zum Teil durch die verstärkten Leitkurven übernommen wird.

Einseitig nach schiefer Beleuchtung *schattierte* Kurven können die Plastik steigern. Sie erzeugen aber ebenfalls fast stets einen unangenehmen, harten treppen- oder tafelartigen Eindruck und dies umso mehr, je grösser die Abstände und je stärker die Verdickungen der Kurven sind. Da wir in den Reliefkarten weit bessere Mittel besitzen zur Erzeugung einer entsprechenden Schattenplastik, so dürfen wir hier höchstens ganz leichte, kaum erkennbare Kurvenschattierungen anbringen. Sie sollen so leicht sein, dass auch die verstärkten Kurven noch als scharfe Linien erscheinen. Ihr Hauptvorzug ist dann ihre etwas bessere Leserlichkeit in den dunkeln Schattenpartien, als es bei feinen Haarlinien der Fall wäre.

Auf die weiteren Möglichkeiten schattierter, belichteter oder mit wachsender Höhe verdickter Kurven und auf die interessanten

¹ Bearbeitet vom Verfasser. Erstellt von Orell Füssli in Zürich, wird 1926 herauskommen.

Darstellungen in kurvenähnlichen, aber nicht geometrisch fixierten Horizontalschraffen soll nicht eingetreten werden.

Fassen wir einige Punkte nochmals zusammen:

Das beste Mittel, um eine topographische Fläche geometrisch festzulegen und gleichzeitig innerhalb gewisser Grenzen anschaulich zu gestalten, ist die *Niveaukarte* oder *Schichtlinie mit konstanter und geeignet gewählter Aequidistanz*. Dieses Verfahren ist leider an stark gegensätzliche Geländeelemente *wenig anpassungsfähig*. Wenn wir für steile Böschungen, z. B. in alpinen Gebieten, mit einer bestimmten Aequidistanz an der Grenze des zeichnerisch Möglichen oder für das Auge Zulässigen angelangt sind, so sind die Kurven in flachböschigen Gebieten immer noch lockerer, als es im Interesse der geometrischen Festlegung und der Anschaulichkeit wünschenswert erscheint. Verzichten wir aber auf das Grundprinzip der konstanten Aequidistanz, so erreichen wir damit wohl eine bessere geometrische Formfestnagelung; der Formeindruck, die unerlässliche Anforderung der Anschaulichkeit, ist jedoch preisgegeben. Wechselnde Aequidistanzen sind nur in sehr beschränktem Masse zulässig oder nur dann, wenn andere Elemente, wie Schattierungen, Farben, Felszeichnung etc. die Aufgabe der Anschaulichkeit übernehmen, so dass die Kurve gleichsam nur noch als geometrisches, aber im Gesamtbild zurücktretendes Element mitwirkt.

Für die grossen Planmasstäbe und dementsprechend einfach gegliederten Flächen (z. B. für die schweizerischen Grundbuchübersichtspläne in 1 : 5000 und 1 : 10'000) kommen wir mit der reinen aequidistanten Schichtlinienzeichnung ohne eine andere Beigabe im allgemeinen vorzüglich aus, sowohl was die geometrische Festnagelung, wie die Anschaulichkeit anbelangt. Anders wird die Sache für kleinere Masstäbe. Je kleiner der Masstab, desto feingliedriger, komplizierter und ungleichartiger ist die darzustellende Oberflächenform und desto schwieriger ist es, eine allseitig geeignete Aequidistanz zu finden. Das Kurvenbild wird mehr und mehr zu einem unansehnlichen und unentwirrbaren Linienknäuel. Reduzieren wir noch stärker, so kommen wir zu einer gewissen Grenze, wo sich alle die erwähnten Mängel so stark fühlbar machen, dass die aequidistante Niveaukurve ganz ausscheidet und durch andere Elemente ersetzt wird, oder mit andern Worten: Die Grenzen der Lesbarkeit $b' - b'$ (Fig. 23) und der Anschaulichkeit $d - d$ nähern sich mehr und mehr und fallen schliesslich zusammen. Je mehr die Höhenkurve an Anschaulichkeit und Ausdruckskraft verliert, desto notwendiger muss sie durch andere Beihilfen ergänzt werden.

Seit mehr als 100 Jahren sehen wir in den Karten der Schweiz und des Auslandes ein unablässiges Bemühen, die topographischen Formen nicht nur geometrisch exakt, sondern auch leicht lesbar und anschaulich darzustellen. Zuerst geschah dies ohne Mithilfe der Höhenkurven; diese setzten sich begreiflicherweise mehr und mehr

durch, und heute finden wir sie als wesentlichen Bestandteil der neueren Geländezeichnung überall vom grossmasstabigen Plane bis fast zum Masstabe 1 : 1'000'000. Alle andern Geländedarstellungsmittel dieser Masstäbe müssen unter der Voraussetzung diskutiert werden, dass sie stets durch Schichtlinien ergänzt werden, oder umgekehrt, dass sie nur zur leichteren Veranschaulichung und Zusammenfassung der geometrischen Kurvenzeichnung dienen. Solche Ergänzungen zur Kurve sind Schattierungen in sog. senkrechter oder schiefer Beleuchtung, in Form von Schraffen oder flächenhaften Schummer-tönen, und Höhenschichtenfarben. Damit haben wir die Schichtlinie wieder in den engeren Kreis unserer Betrachtungen, in die Diskussion über die Reliefkarte, eingefügt.

VI. Einige weitere Beobachtungen und Feststellungen.

1. In der Karte werden mit Tönen (Schummerungen) oder Linien (Schraffen und Höhenkurven) bestimmte Schattierungseindrücke erzeugt. Je enger und je dicker z. B. die Schraffen oder die Schichtlinien sind, desto dunkler der Bildeindruck. Macht man nun von ein und derselben entsprechend bearbeiteten Druckplatte verschiedene Abdrücke auf weisses Papier, indem man für die einzelnen Drucke *verschiedene Farben* verwendet, so werden die Schattierungswerte und die Schattierungsunterschiede vollständig verändert. Bei schwarzer Farbe erscheinen die Schattierungsunterschiede am kräftigsten, die Ton-Nüancierung, die ganze Modellierung am reichsten. Je heller wir die Druckfarbe wählen, desto mehr verflacht und verflaut das Bild; die Schattierungsunterschiede werden weniger deutlich wahrnehmbar. So ist z. B. das Rot der Bädeckerschen Schraffenkarten schon viel weniger ausdrucksvoll und modellierfähig, als das satte tiefe Braun von Vogels Karte des Deutschen Reiches 1 : 500'000. Ebenso wäre der Schattierungseindruck zahlreicher Kurvenkarten ein besserer und reicher gegliederter, wenn die gebräuchliche braune Farbe (gebrannte Siena), statt zu gelb oder zu rot, etwas brauner und satter gewählt würde. Wir haben, um das Schattierungsproblem nicht zu komplizieren, in der Figur 23 stets die Voraussetzung gemacht, es handle sich um schwarze Zeichnung auf weissem Papier. Ist dies nicht der Fall, haben wir es aber mit einem einheitlichen, z. B. braunen Farbton zu tun, so gilt das dort Gesagte relativ zueinander immer noch; wir müssen nur für die in der Richtung der Vertikalachse aufgetragenen Schattierungswerte einen andern Masstab wählen. Ein brauner Vollton besitzt eben nicht mehr das Schattierungsverhältnis schwarz : weiss = 1 : 0, sondern entspräche vielleicht einem ungefähren Eindruck von 0,3 : 0,7. Verglichen mit schwarzer Druckfarbe verbleiben daher für Braun nur die Abstufungsmöglichkeiten zwischen 0,0 und 0,3, statt von 0,0 bis 1,0. Diese Tatsachen illustrieren deutlich die Unhaltbarkeit des Ver-

suches von E. Friedrich, die Schraffen je nach ihrer Höhenlage in verschiedenen Farben zu drucken.¹ Auch Eckert u. a. haben auf die Mängel solcher Versuche hingewiesen.²

2. Halten wir an einer bestimmten Schattierungs- (Kurven, Schraffen oder Schummerungs)farbe fest, wählen wir hiefür z. B. schwarz oder dunkelbraun oder braunrot, und verändern die *Papierfarbe*, so machen wir ähnliche Beobachtungen, wenn auch zunächst meistens in etwas gelinderem Masse. Je grösser die Kontraste sind zwischen der Farbe der Geländeschattierung und des Papiergrundes, und zwar sowohl die Hell-Dunkel-Kontraste, wie auch die Farbkontraste, desto kräftiger und nüancierfähiger wirkt die Schattierung. Je mehr sich die Farben nähern, desto flauer und flacher erscheint die Geländeschattierung. Es spielt dies eine grosse Rolle beim Zusammendruck von Geländeschattierungen, z. B. Schraffen, und verschiedenen Höhenschichtenfarben. Es genügen oft schon leichte braune Töne, um den plastischen und fein nüancierten Eindruck von geschummerten oder schraffierten Schattierungen empfindlich zu stören. Ich muss hier Eckert entgegentreten und Friedrich zustimmen, der auf diesen Umstand hinweist. Der Schattierungswert der Schraffen wird durch den Aufdruck von z. B. braunen Höhenschichtenfarben wesentlich verändert und zwar in jedem Falle verstärkt. Diese Verstärkung macht sich aber an den schwachschattierten Stellen (bei offenen Strichlagen) viel stärker geltend, als in den eng und kräftig schattierten Partien. Die Folge ist ein Ausgleich der Schattierung und daher eine Verflachung der Modellierung. Wenn dies auch „bis jetzt noch kein Kartenkundiger aufgestochen hat“³, so ist dieser Effekt eben doch nicht „minimal“, sondern sehr beträchtlich. In Hunderten und Tausenden der verbreitetsten Schulatlanten und Schulwandkarten werden die schönsten durch Schraffen oder Schummerungen erzeugten Modellierungen durch Aufdruck von zu kräftigen Höhenschichtenfarben wieder vernichtet oder sehr stark beeinträchtigt.

3. Betrachten wir die Vereinigung, den Zusammendruck von Schichtlinien oder Schraffen mit den übrigen Situations- und Schrift-eintragungen. Je weniger sich die Farben voneinander unterscheiden, desto mühsamer ist es einerseits die Wege, Bahnen, Grenzen etc. leicht herauszusehen, die Namen zu lesen und desto mehr verwischen andererseits alle diese Eintragungen die Schattierungswerte der Geländezeichnung. Dies führte zu den folgenden gebräuchlichen Abstufungen: Schrift=schwarz, Situation=dunkelbraun, Kurven oder Schraffen=rotbraun; oder Schrift und Situation=schwarz, Kurven oder Schraffen = braun. Diese Farbverschiedenheiten erleichtern ein rasches und

¹ E. Friedrich: Karte des Rigi. Ein Beitrag zur Terraindarstellung, Seite 109—110.

² Kartenwissenschaft I S. 569—570.

³ Eckert: Kartenwissenschaft I S. 569.

ungestörtes Erfassen der einzelnen Elemente in hohem Masse. Da man für Schrift und Situation dunkle Farben verwenden *muss*, so führt uns diese Erwägung zu einem helleren, davon kontrastierenden Farbton für Kurven und Schattierungen. Damit kommen wir aber in Konflikt mit den Beobachtungen des obigen Absatzes 1. Es ist von Fall zu Fall eine Aufgabe des kartographischen Empfindens, hier den zweckmässigen Mittelweg zu finden. Vogels Karte des Deutschen Reiches 1 : 500'000 mit ihrem sattbraunen Schraffenton ist auch in dieser Beziehung mustergültig. Die Karten der bekannten Reisehandbücher oder z. B. auch die Karten des Touring Club Italiano 1 : 250'000 legen ihr Hauptgewicht auf die Uebersichtlichkeit der Kommunikationen und Ortslagen und wählen daher als Schraffenfarbe ein zu rotes und weniger modellierfähiges Braun.

4. Ein und dieselbe Farb- oder Tonfläche erscheint uns dunkler, wenn sie von helleren Flächen umgeben, und heller, wenn sie von dunkeln eingeschlossen ist. Ich habe auf diese optische *Täuschung* schon bei Betrachtung der Schattenplastik hingewiesen.

Ein schmales Farbband auf weissem Papier erscheint uns aber im Gegensatz dazu bedeutend intensiver, dunkler, wenn es von feinen dunkeln Linien eingefasst wird, als wenn es nicht eingefasst ist.

Eine ziemlich enge Schar von rötlichen Linien (z. B. Höhenkurven) auf eine hellgelbe Fläche gedruckt, verändert scheinbar die Flächenfarbe, sodass wir glauben, auch die gelben Zwischenstreifen seien rötlich. Analog verändert *jeder* engmaschige Linienaufdruck die scheinbaren Flächenfarben in sehr hohem Masse.

Die Unterschiede zwischen zwei sehr ähnlichen aneinanderstossenden Farbstufen, z. B. zwischen einem hellen und einem nur sehr wenig dunkleren Blau, erscheinen uns viel kräftiger, wenn die Grenze durch eine scharfe, dunkle Linie bezeichnet wird; z. B. ein schattiger Berghang, der ganz allmählich in die schattenlose Ebene ausläuft, erscheint uns schroffer gegen diese abgesetzt, wenn der unterste Bergfuss durch einen dunkeln Strassenzug von der hellen Ebene getrennt wird.

Solche und ähnliche gegenseitige Beeinflussungen spielen in der Karte eine nicht zu unterschätzende Rolle. Bei einfarbigen Karten, wo das fertige Bild auf *einer* Druckplatte entsteht, können sie leichter ausgeglichen werden, als in der mehrfarbigen Karte, da sie hier zum grossen Teil erst durch den Zusammendruck verschiedener Farben in unliebsamer und unbeabsichtigter Weise in Erscheinung treten.

VII. Die Reliefkarte.

Wir haben als Elemente, welche wir in der Karte besitzen, um die ebene Papierfläche *unmittelbar* uneben erscheinen zu lassen, folgende festgestellt und auf ihre Eigenschaften hin untersucht:

1. Die Verteilung von Licht und Schatten unter einem schrägen Lichteinfall.
2. In geringem Masse Erfahrungen über Grösse, Form und natürliche Landschaftsfarben der Geländeteile (Vorstellungsreproduktion).
3. Die Luftperspektive; sie erzeugt eine höhenschichtenweise Dämpfung der Schattierungsgegensätze *und* der Landschaftsfarben.
4. Eine ähnlich wirkende Dämmerungsperspektive.
5. Bis zu einem gewissen Grade die Scharung verwandter charakteristischer Formlinien, der Höhenkurven. Diese haben jedoch in erster Linie geometrische und mittelbar anschauliche Bedeutung.

Es sind dies alles *Erfahrungsmotive*, jedoch nicht bewusst angelernte Erfahrungen, sondern Erfahrungen auf Grund unseres täglichen Sehens. Insbesondere gilt dies für die Verteilung von Licht und Schatten und für die Luftperspektive. Jeder Form, jedem Formenwechsel, jedem Körper sind normalerweise gewisse dafür charakteristische Arten der Verteilung von Licht und Schatten beigeordnet, und je nach der Lage und Art der Lichtquelle prägen sich gewisse Formenmerkmale mehr oder weniger deutlich in dieser Licht- und Schattenverteilung aus. Ferner besteht im freien Landschaftsbilde eine bestimmte Abhängigkeit der scheinbaren Farben und Schattierungen der Geländeteile von ihrer Lage, die Luftperspektive. Solche Erfahrungen werden auf das gemalte Kartenbild übertragen und erzeugen dort im Beschauer unbewusst wieder bestimmte Form- oder Raumillusionen.

Die unmittelbare Formdarstellungskraft dieser fünf Faktoren ist ausserordentlich *ungleich*. Das einzige Mittel, das für sich *allein* im Stande ist, eine sehr starke und bestimmte Modellierung vorzutäuschen, ist die Licht- und Schattenverteilung unter einem schrägen Lichteinfall. Es muss durch diese zuerst eine Form geschaffen, der ganze Körper bis zu einem gewissen Grade aufgerichtet werden, bevor sich Grössen-, Form- und Farberfahrungen und Luft- und Dämmerungsperspektive überhaupt auswirken können. Alle diese letzteren Mittel erzeugen nur noch eine leichte Steigerung, Klärung und oft Modifikation des durch die Schattierung geschaffenen Eindruckes. So erscheint z. B. das luftperspektivische Hellblau nicht an und für sich fern, sondern nur wenn es in entsprechendem Zusammenhange in der Landschaft oder im Landschafts- und schliesslich im Kartenbild auftritt. Dass aber anderseits der Einfluss solcher „Ergänzungserfahrungen“ nicht unterschätzt werden darf, geht aus der folgenden leicht nachzuweisenden Tatsache hervor: Jeder Landeskundige erfasst z. B. in der Reliefphotographie nicht die unmittelbar daraus sprechende Form, sondern er oktruiert ihr unbewusst und oft in weitgehendem Masse die schon vorhandene *Formvorstellung* auf.

Wie ich nachzuweisen versuchte, geht der Wert der *Schichtlinien* über ihren geometrischen Gehalt (Mess- und Abzählbarkeit) und die mittelbare, angelernte Deutung des Linienzuges hinaus; es liegt in der Scharung ähnlich verlaufender charakteristischer Form-

linien ein gutes Stück unmittelbarer Anschaulichkeit; aber wie gross dieser Anteil ist, und wie viel wir dazu gelernt haben, lässt sich schwer entscheiden. Sicher ist es hingegen, dass die Reliefkarte durch das Eintragen von geschickt und zweckmässig abgestuften Schichtlinien nicht nur geometrisch fassbar wird, sondern auch an Anschaulichkeit gewinnt. Da diese Wirkung auf dem ähnlichen Verlauf enggescharter Linien beruht, so beschränkt sie sich stets auf Detailformen.

Es ist für das Zustandekommen von plastischen und an die Landschaft erinnernden Formeindrücken sehr wichtig, dass nicht nur die einzelnen zeichnerischen Elemente den betrachteten Beobachtungen des alltäglichen Sehens entsprechen, sondern soweit es möglich ist auch ihr *Zusammenspiel*. Wie beeinflussen sich Licht- und Schattenverteilung nach schiefer Beleuchtung, naturähnliche und luftperspektivisch abgestufte Farb- und Schattierungssteigerungen oder Dämpfungen und Schichtlinien? Wie verhalten sich Schattenfarbe und Schattenstärke zu den übrigen Farben? Ueber diese Verbindungen geben zum Teil Naturbeobachtungen, zum Teil Zeichnungsversuche Aufschluss.

Ein Körper wird durch dessen Schattierung umso deutlicher und plastischer herausmodelliert, je heller seine Eigenfarben sind. Es ist eine bekannte Erfahrung, dass man zum Studium von Formen viel besser weisse unbemalte Reliefs verwendet, als farbige, und in gleicher Weise erscheint uns eine Schneelandschaft viel reicher und kräftiger gegliedert, als die sommerliche Landschaft. Diese Unterschiede im plastischen Effekt sind ausserordentlich stark, und auch in vielen Reliefkarten können wir beobachten, dass die Farbe die Schattierung und damit die Plastik zerschlägt. Diese Tatsache ist jedem Maler geläufig. Es sei zum Beleg nochmals ein letzter Guckkastenversuch geschildert, wobei ich an die auf der Tafel I dargestellten Versuche anschliesse. Man beobachtet im Guckkasten die drei konzentrischen, kreisförmigen Gebilde der Figuren 4, 5 und 6. Die Figuren 4 und 6 enthalten im Original in ringförmiger Anordnung Peuckers Farbenreihe, sodass wir darin nach Peucker Kreiskegel sehen sollten. Die Figuren 5 und 6 besitzen eine entsprechende Schattierung nach schiefer Beleuchtung. Die Figur 4 wurde, wie schon früher gesagt, nicht einheitlich und oft als „Schützenscheibe“ gesehen. In der Fig. 5, die keine Farben, sondern nur Licht und Schatten enthielt, sah jeder Beobachter einheitlich und sehr deutlich einen steilen Kreiskegel. In Fig. 6 ist beides kombiniert; statt eines verstärkten Effektes sahen alle Beobachter einen „flacheren, weniger deutlichen“ Kegel; also gerade das Gegenteil dessen, was wir mit Schattierungs- und Farbenkombinationen in der Karte anstreben! Die Ursache liegt in der Schwächung der Licht- und Schattenunterschiede durch die Farben (vgl. das vorhergehende Kapitel). Selbst Orange und Rot wirken verdunkelnd und zwar auf der hellen Lichtseite viel mehr, als im Schatten. Wenn wir an Peuckers Farbenstereoskopie noch einen Funken Wahrheit

gelten lassen wollen, so zeigt dieser Versuch, dass ihr Einfluss völlig unterliegt, sobald irgendwelche Schattierungseffekte unsern Formeneindruck bestimmen.

Vom Gesichtspunkte einer möglichst starken unmittelbaren Plastik aus sollten wir daher unserem Kartengelände keine Eigenfarbe geben, so dass das vollste Licht völlig weiss erschiene. Wie wir aber bei der Betrachtung der schiefen Beleuchtung gesehen haben, hätte dies eine ungenügende gegenseitige Höhenfestlegung nicht benachbarter Geländeteile zur Folge. Eine solche unmittelbare Plastik kann ihrem Wesen nach nicht über den Eindruck eines senkrecht von oben monokular und mit unbewegtem Auge betrachteten Reliefs hinausgehen. Hier wie dort können wir wohl durch Lichtdrehungen einzelnen Formen gerecht werden; nivellieren können wir aber mit einem einzigen Auge nicht; ja selbst die binokulare Modellbetrachtung liefert uns gewisse Höhenverhältnisse und Höhenunterschiede bei weitem nicht mit der kartographisch erforderlichen nivellitischen Genauigkeit. Die visuelle räumliche Punkterfassung ist noch keine *Punktmessung*. Ausser diesem Hauptmangel würden sich folgende Nachteile einstellen: Es bestünde die Gefahr einer gelegentlichen Verwechslung der Geländeform mit ihrem Negativ, der Matritze. Die Karten würden aussehen wie Abbilder von Gipsmodellen und nicht von natürlichen Landschaften. Im Hochgebirge könnte man die Gletscher und Firnbedeckung weniger deutlich vom übrigen Gebiet unterscheiden.

Einige dieser Mängel werden behoben oder verringert durch Kombination mit Schichtlinien und luftperspektivischer Dämpfung der Schattierungsgegensätze. Jene ermöglichen es, die Höhenlagen messen zu können; diese verhindert das Sehen der Matritze. Eine übersichtliche und genügend leicht erfassbare Höhenschichtenabstufung ist aber auch damit noch nicht vorhanden. Diese erhalten wir *nur* durch das *mittelbar* anschauliche Element der *Farbdifferenz*. Wählen wir die Farbstufen geschickt und gewissen Natureindrücken entsprechend, so hauchen wir damit der dargestellten Landschaft zugleich Natürlichkeit und Naturstimmung ein. Man *will* also Farben und zwar möglichst natürliche und diese höhenschichtenweise abgestuft. Sie sollen so hell sein, dass die Schattierung nicht totgeschlagen wird, und so kräftig, dass genügend Farbdifferenzen möglich sind und der Eindruck einer natürlichen Landschaft, eines festen Körpers und nicht eines blassen Scheingebildes oder farblosen Modells entsteht. Es ist eine der heikelsten Aufgaben des Reliefmalers diesen Mittelweg, der vom Kartenmasstab nicht unabhängig ist, herauszuspüren.

Die höhenschichtenweise Farbfolge wird durch folgende Beobachtungen und Ueberlegungen angedeutet: Entsprechend der Luftperspektive, und um mit Hilfe derselben die Plastik zu verstärken, sollten wir die Kontraste zwischen Licht und Schatten nach oben steigern; wir brauchen also in der Höhe möglichst helle Lichtflächen.

Anderseits schreibt die Luftperspektive uns gleichzeitig eine Sättigung der Farben nach oben vor. Alle Farben, vielleicht mit der einzigen Ausnahme eines reinen Gelb, dunkeln, wenn sie gesättigt werden, so — entgegen Peuckers Behauptungen — auch das Rot. Das reine Gelb widersteht dieser Verdunkelung am besten; es ist die hellste unter allen satten Farben. Wir lösen also unsern Widerspruch, wenn wir sie vorderhand für die oberste Stufe annehmen. — Die unterste Stufe ist durch die Luftperspektive ohne weiteres gegeben; es ist der unbestimmte dunstige Ton der weitentfernten Landschaft, ein milchig trübes Graublau, mit einem Einschlag von Grün, um einen allzuwässerigen See-ähnlichen Eindruck zu vermeiden. Diese beiden Extreme, das Gelb und das Blaugrün lassen wir ganz allmählich ineinander übergehen und erhalten damit mattblaugrüne bis gelbgrüne Zwischenstufen. Eine solche Farbfolge würde sich einem plastischen Effekt am besten einordnen. Das reine Gelb für höhere Bergpartien widerspräche jedoch einem natürlichen Eindruck zu sehr und wäre unschön. Die einzigen Farben, die uns noch bleiben, die noch einigermaßen an die dürrn Weiden und sonnbeschienenen Felsen der Berghöhen erinnern, und die auch bei ihrer Sättigung verhältnismässig nicht stark dunkeln sind Orange und Rosa. Diese, am besten nicht in voller Sättigung, sondern möglichst leicht aufgetragen, sind geeignet das reine Gelb zu ersetzen. Eine solche Skala wirkt natürlich: Nach oben erscheint der Boden dürre, ausgebrannter, sonniger und nach unten grüner oder blauer, saftiger, fruchtbarer. Schneidet man in der Peuckerschen Skala die untersten tiefsten Grau und die oberen unschönen starken Rot weg und übergeht das reine Gelb, indem man das Grün allmählich ins Orange überfliessen lässt, so entsteht diese eben geschilderte Farbfolge. Diese Skala lässt sich auch auf die folgende Art einfach und natürlich begründen: Wenn wir an einem Körper die luftperspektivische Farbdämpfung und Farbverblauung möglichst deutlich sichtbar machen wollen, so müssen wir ihm eine Eigenfarbe geben, die mit dem milchig blauen Ton des trübenden Mediums möglichst stark kontrastiert. An einem hellblauen Körper wäre die Luftperspektive kaum sichtbar, an einem gelben oder orange-farbigem dagegen sehr deutlich. Gelb ist die Kontrastfarbe zu Blau, Orange diejenige zu Blaugrün. Wir setzen diese letzteren Farben an die Enden unserer Skala und lassen sie ineinander übergehen, dann erhalten wir wieder die soeben beschriebene Reihe. Durch eine solche Gegenüberstellung der Kontrastfarben erhalten wir am leichtesten eine grosse Zahl gut voneinander unterscheidbarer Farbstufen. Wir kommen so unwillkürlich immer auf spektral-ähnliche Farbfolgen; das Spektrum ist die einzige natürlich gegebene, alle Farben umfassende stetige Skala. Die geschilderte Skala weicht also wohl in Einzelheiten, nicht aber in ihren Hauptzügen von derjenigen Peuckers ab. Die Unterschiede der beiden Auffassungen seien nochmals kurz zusammengefasst:

Peucker will mit den Farben auf Grund einer unhaltbaren Theorie unmittelbar verschiedene Tiefenwerte erzeugen; sie sind bei ihm die Hauptursache eines räumlichen Eindrucks. Er schreibt ihnen sogar Höhenmassanschaulichkeit zu. Die Schattierungswirkung tritt, wie dies auch seine Beispiele zeigen,¹ völlig zurück. Die Folge davon ist eine nur sehr geringe, ungenügende unmittelbare Plastik.

In der *Reliefkarte* werden die Farben verwendet, um unbewusste Erinnerungen an landschaftliche Erfahrungen und damit auch an Raumerfahrungen wecken zu helfen, ferner um da einzuspringen, wo jede Art unmittelbarer Plastik versagt, um also im Sinne mittelbarer angelernter oder angewöhnter Anschaulichkeit verschiedene Höhenzonen übersichtlich auseinander zu halten. Die *unmittelbare* Plastik wird in erster Linie durch die Schattierung nach schiefer Beleuchtung gegeben. Man wählt die Farbskala so aus, dass sie diese Schattierung und damit die Plastik möglichst wenig stört. Hier handelt es sich teils um Erfahrungsmotive des plastischen Sehens, um Vorstellungsreproduktion und, da wo diese nicht mehr ausreichen, um die assoziative Mitwirkung mittelbarer, angelernter Elemente; nach Peuckers Theorie hingegen hätten wir es mit Stereoskopie zu tun.

Die Farbskalen der Schweizer Reliefkarten sind auf dem Wege des praktischen Versuches entwickelt worden. Wenn sie verwandte Züge aufweisen zu Peuckers theoretischer Lösung, so liegt dies an der gemeinsamen Verwendung der Luftperspektive. In der Schweiz finden wir schon *vor* Peucker Skalen angewendet, die der seinigen ähnlich sehen, nur mit dem Unterschied, dass nicht das *ganze* Regenbogenregister gezogen wurde. Die extremen und zu kräftigen Farben wurden vermieden aus ästhetischen Gründen und weil solche Farben zu offensichtlich den landschaftlichen Natureindrücken widersprachen. In Bezug auf das unterste düstere Grau und das giftige Gelb stimme ich hier mit Eckert und Haack überein; aber auch das unschöne starke Rot ist unzulässig, wenn eine rein-unmittelbare Plastik erzeugt werden soll.

Entsprechend der Wirkungsweise, der Bedeutung und der Zurückdrängung der Farbe in der Reliefkarte ist man hier nicht an eine einzige starre Skala gebunden, sondern es sind, je nach Masstab, Gebiet und Zweck, leichte Modifikationen möglich.

Ein Verdienst Peuckers ist es, dass er die Diskussion über Höhenschichtenkarten befruchtet und die Einführung einheitlicher und gesetzmässig gesteigerter Farbreihen gefördert hat. Eine gewisse Einheitlichkeit ist hier nützlich, da sie dem Kartenleser die unmittelbare Formauffassung erleichtert. Die Angewöhnung, gewisse Farben in der Karte stets als hoch, andere als tief zu *deuten*, kann so weit getrieben werden, dass man glaubt sie wirklich hoch und tief zu

¹ Kartenbeilagen in: Peucker: Höhenschichtenkarten
und: Geisler: Das Bildnis der Erde.

sehen; die Farben können so durch Suggestion und Uebung in die Kategorie der Erfahrungsmotive einer gewissen unmittelbaren Raumvorstellung rücken; sie versagen aber diesen Dienst, sobald sie mit den sichereren *alltäglichen* Seherfahrungen in Widerspruch geraten.

Wir haben noch einige ergänzende Beobachtungen zu machen über die Farbtöne der *Schatten* und ihr Verhältnis zu den Terrainfarben:

Man beobachte im geschlossenen Zimmer bei bedecktem Himmel die Farbe des Selbstschattens einer Zigarrettenschachtel; sie ist grau und lässt die Farben der Schachtel deutlich durchblicken. Schaut man aber an einem sonnigen Tage zum Fenster hinaus in die weite Ferne und beobachtet die einzelnen Farben scharf, am besten durch ein ganz kleines Loch in einem weissen oder schwarzen Papier, das man in einiger Entfernung vor ein Auge hält, so gewahrt man, wie die Schatten der Hügel und Berge blauviolett sind und blau und blauer und zugleich schwächer werden, je entfernter der Berg ist; und man sieht auch, wie diese blauen Schatten in der Ferne das Grün der Wälder, der Wiesen, das blasser rötliche Grau der Felsen, das Weiss des Schnees gleichmässig blau überdecken, ohne diese Farben des Untergrundes durchschimmern zu lassen. Ueberall aber, ob nah oder fern, und selbst an der kräftig bunten Zigarrettenschachtel im diffusen Zimmerlicht erscheinen uns bei einer hellen seitlichen Beleuchtung die Unterschiede von Licht und Schatten viel stärker, als alle Farbunterschiede. Beachtet man dieses gegenseitige Verhältnis von lokaler Eigenfarbe des Bodens und den darauf gelegten Schatten und malt man diese Farben in die Karte, so erscheint darin die grosse, weite, sonnige Landschaft; malt man aber den toten grauen Schatten der Zigarrettenschachtel, so erscheint ein kleines Zimmermodell ohne Sonnenschein und ohne Leben. Malt oder druckt man gar die Schatten in solchen Tönen in die Karten, die nicht den naturbeobachteten Schatten entsprechen oder die zu schwach sind im Verhältnis zur Körperfarbe, so entsteht kein klarer körperlicher Eindruck, sondern ein verwirrendes flimmerndes Spiel von Farben. *Wir müssen den Schatten-ton als Schatten und nicht als Farbe empfinden*; nur dann wirkt er formmodellierend. Es gibt Reliefkarten mit zu roten¹ oder zu rein blauen² Schatten, die sich dadurch um den besten Teil ihrer Wirkung bringen. Rein blau erscheinen die Schatten in der Landschaft erst in weiter Ferne, wo sie jedoch gleichzeitig schon viel schwächer sind, als unsere in der Karte erforderlichen Schatten. In manchen Karten sieht man auf Gletscher und Firnflächen schwächere Schatten, als

¹ *Beispiele*: Becker: Lugano u. Umgebung 1 : 20'000 (Druck von Wolfensberger Zürich). Kartographia Winterthur: Bezirk Zürich 1 : 40'000. Kümmerly & Frey: Carte relief du Valais et du Tessin pour touristes 1 : 300'000.

² *Beispiele*: Einige neuere Karten des Verlages Orell Füssli in Zürich, z. B. Zugerseekarte 1 : 75'000; Schweiz 1 : 750'000; Neuer Volksschulatlas von Becker und Imhof, Ausgabe 1924, Seiten 9 und 10—11.

in den entsprechenden übrigen Kartengebieten oder sogar eine andere, z. B. grünliche Schattenfarbe¹. Beides erweckt falsche Formeindrücke. *Schattenstärke und Schattenfarbe sind von der Körperfarbe unabhängig.*

Eine weitere Fehlerquelle, die nur durch sorgsames Abwägen des Kartographen vermieden werden kann, liegt im Ineinandergreifen von Schattierung und Luftperspektive: Wird die luftperspektivische Dämpfung nur auf die Höhenschichten- oder Terraineigenfarben angewendet, nicht auch auf die Schatten, so dass also die Taltiefen ebenso kräftig schattiert werden, wie die Höhen, so erscheint die dargestellte Landschaft zu klein, zu modellähnlich und bei einer umgekehrten Orientierung der Karte kann leicht der negative Formeindruck, die „Matritze“ entstehen. Werden aber die Schatten in den Taltiefen zu stark gedämpft, so entstehen zu weiche, unrichtige Formen, z. B. an Stelle scharfer Kerbtäler rund modellierte Talsohlen, oder an Stelle von Böschungen mit gleichmässigem Gefälle solche die oben steiler und unten flacher erscheinen.

Farben und Schattierungen werden in der Reliefkarte kombiniert mit andern Geländedarstellungsmitteln, mit den Schichtlinien und oft mit Felszeichnung; ferner treten fast überall die Situationseintragungen (Siedelungen, Verkehrsnetz, Grenzlinien, Wald u. s. w.) und die Schrift hinzu. Alle solchen Eintragungen beeinflussen und stören mehr oder weniger stark die Farb- und Schattierungswerte und können durch diese selbst wieder beeinträchtigt werden. Es muss daher sowohl in Farben und Schattierungen, in der Art der Zeichnung aller übrigen Dinge, wie auch im Reproduktionsvorgang, auf dieses Zusammenspiel Rücksicht genommen werden. Soll der beabsichtigte plastische Eindruck einer Form nicht verloren gehen, so dürfen wir ihre Schattierungswerte nicht durch andere Eintragungen vernichten, sondern müssen die letztern soweit wie möglich so zu gestalten suchen, dass Farbe und Schattierung mit ihnen *zusammen* die gewollte Form vortäuschen.

Daraus ergeben sich die folgenden Forderungen:

a) Alle übrigen Eintragungen müssen auf das notwendigste Mass beschränkt und in einer wenig aufdringlichen Art dargestellt werden. Um aber trotzdem den Inhalt der Karte nicht zu sehr zu beschneiden, ist eine sorgfältige Auswahl und Vereinfachung (Generalisierung) erforderlich.² Dunkelbraun gedruckte Situation trübt das Reliefbild erfahrungsgemäss weniger als schwarze Eintragung; sie erscheint ebenso scharf und klar wie diese und unterscheidet sich deutlicher von der schwarzgedruckten Schrift. Ungünstigere Resultate lieferten

¹ *Beispiele:* Schweizerischer Schulatlas für Mittelschulen. Seite 20—21: „Aus den Berner Alpen“ und „Aus den Glarneralpen“, beide 1 : 125'000.

² Näheres vgl.: Imhof: Siedlungsgrundrissformen und ihre Generalisierung im Kartenbilde; und

Imhof: Erläuterungen zur neuen Reliefkarte des Appenzellerlandes.

Versuche mit einem grau gebrochenen Situationsdruck.¹ Die Zeichnung erscheint dabei tot und flau und gibt der ganzen Karte leicht ein kaltes schmutziges Aussehen.

Ganz besondere Vorsicht erheischen Beschriftung und flächenhafte Eintragungen von Kulturen, z. B. des Waldes. Eine blockartig erscheinende *Schrift*, ähnlich der Buchdruck- oder der Rundschrift, ist ausgeschlossen. Am besten eignet sich eine scharf und deutlich gravierte offene Skelett- oder eine durchsichtige Kursivschrift. „Namenklumpen“, die auf das Auge verdunkelnd wirken, sollen vermieden werden, ebenso, wenn möglich, das Einsetzen der Namen in schmale wichtige Lichtpartien oder auf lokale Kleinformen. Durch geschickte Wahl der Schriftart, Grösse und Anordnung kann das Relief ausserordentlich geschont werden.² Noch grössere Schwierigkeiten bietet der *Wald*. Eine gut sichtbare Waldeintragung ohne Beeinträchtigung des Reliefs ist bis zur Stunde, wenigstens für kleinere Masstäbe, ein ungelöstes und vielleicht unlösbares Problem. Noch am besten eignet sich eine scharf zeichnende, deutlich lesbare, aber offene, wenig flächenhaft auftragende Signatur in einer warmen grünlichen oder bräunlichen Farbe.³ Flächentöne stören die Geländeformen meist zu sehr. Solche Störungen treten in ähnlicher Weise auch in anderen Karten auf, aber sie machen sich nirgends so stark geltend, wie hier, wo Farben und Schatten unmittelbar wirken und nicht im Sinne von Konventionen gelesen werden sollen.

b) Als minimal zulässiger *Kurvenabstand* muss, namentlich für kleine Masstäbe, ein etwas grösseres Mass angenommen werden, als in reinen Schichtlinienkarten. Drei Kurven pro 1 mm erzeugen einen starken eigenen Flächenton, der unsere Licht- oder Schattenwirkung zu sehr beeinträchtigt; denn zeichnen wir solche Kurven in einer dunkeln Farbe, so erdrücken sie die Lichtflächen,⁴ zeichnen wir sie aber so hell, dass dies nicht der Fall ist, z. B. gelb, hellorange oder hellrosa, so lassen sie sich in den tiefen Schatten nicht mehr lesen, sondern mischen sich mit diesen zu unsauberen und unbeabsichtigten Tönen⁵. Man sollte auch in den steilsten Partien nicht mehr als

¹ Beispiel: Karte des Kantons Zug mit Grenzgebieten 1 : 75'000. 1. Ausgabe. Art. Institut Orell-Füssli.

² Vgl. in dieser Beziehung die „Reliefkarte des Appenzellerlandes“ 1 : 75'000, bearb. v. Eduard Imhof; erstellt von Hofer & Co., herausgegeben von der Landesschulkommission des Kt. Appenzell A.-Rh. Herisau 1924.

³ Gut gelöst ist diese Aufgabe in der „neuen Schulwandkarte beider Basel“ 1 : 25'000 von Kümmerly & Frey und in der Karte des Kt. Zug mit Grenzgebieten 1 : 75'000 von Orell Füssli.

⁴ Beispiele: Reliefkarte des Kantons Glarus 1 : 50'000 von F. Becker, 1889. Sântisgebiet 1 : 25'000 (Reliefbearbeitung der Siegfriedkarte) von H. Kümmerly, 1890.

⁵ Beispiel: Reliefkarte des Albula- und Bernina-Gebietes 1 : 100'000, Kartographia Winterthur 1924. Die hier verwendete Aequidistanz von 30 m ist eine Folge der bequemen direkten Benützung der Siegfriedkarten-Kurven. Sie ist aber für eine Reliefkarte dieses Gebietes im Masstab 1 : 100'000 viel zu eng. Um den Reliefeindruck zu schonen, druckte man sie in einer blassen gelblichen Farbe. Dadurch sind sie jedoch in sehr vielen Gebieten der Karte überhaupt nicht mehr sichtbar.

zwei sehr dünne scharf gravierte Kurven in einen Millimeter drängen. Sehr dünne und in etwas kräftigeren Farben gedruckte Kurven beeinträchtigen das Bild weniger und werden vom Auge leichter erfasst, als dicke Linien in flaueren Farben. Die besten Kurvenfarben sind Rotbraun, Rotorange, Orange. Ihre Wirkung haben wir bei der „schiefen Beleuchtung mit besonderem Lichtton“ kennen gelernt. Dem Nachteil einer etwas grösseren notwendigen Aequidistanz steht in der Reliefkarte der grosse Vorzug gegenüber, dass wir in flacheren Partien die Möglichkeit haben Zwischenkurven einzuschalten ohne den plastischen Eindruck zu stören. Dieser Vorzug sollte viel häufiger und viel systematischer ausgenützt werden.

c) Einen ähnlich störenden Einfluss übt oft die *Felszeichnung* aus. Sie wird meist zu kompliziert gezeichnet und zu eng schraffiert. Braun oder gar schwarz gedruckt vernichtet sie dann die Lichtflächen,¹ hellrötlich ist sie besonders im Schatten nicht mehr klar leserlich.² Die lichtseitigen Flächen müssen sehr offen, völlig schraffenfrei gezeichnet werden. Ein Minimum von sehr feinen, einfachen Geripp- und Strukturlinien genügt, um zusammen mit dem hellen rötlichen Ton den Eindruck einer steil aufragenden Felswand zu erzeugen. Auf der Schattenseite ist eine kräftige, vollere Strichführung angebracht. Bei entsprechender sparsamer Zeichnung und nicht zu kleinen Masstäben (etwa bis 1 : 200'000) lässt sich eine gutzeichnende dunkelbraune Farbe der Felszeichnung verwenden ohne die Plastik zu beeinträchtigen und ohne einen herausgerissenen Eindruck zu erzeugen. Man erreicht damit eine grössere Klarheit und Prägnanz der Felsform, als mit rötlicher Farbe.³ In kleineren, feineren Massstäben, etwa von 1 : 200'000 an, bietet diese Trennung von Fels- und Kurvenfarbe zu grosse technische Schwierigkeiten und liesse ausserdem das Felsbild zu hart und fremd aufgesetzt erscheinen. Die Felsform darf nicht aus der allgemeinen Bergform herausfallen⁴. Felsen und Kurven werden hier besser in einer einheitlichen Zeichnung auf ein- und derselben Druckplatte bearbeitet.⁵

d) Nicht nur die zeichnerische Bearbeitung der einzelnen Druckplatten, sondern auch der Druck selbst muss auf das Peinlichste das

¹ Beispiel: Schulkarte des Kt. Zürich 1 : 150'000 v. Schlumpf. Vgl. z. B. die Glärnisch Nordwand.

² Beispiel: Karte der Churfürsten- und Säntisgruppe 1 : 75'000 v. Becker. Kartographia Winterthur 1903. Siehe darin das Säntisgebiet.

³ Beispiele: Neue Schülerkarte des Kt. St. Gallen 1 : 150'000 v. Ed. Imhof; erstellt von Hofer & Co., hg. v. Erziehungsdep. St. Gallen, 1922. Vgl. Glärnisch. Reliefkarte des Appenzellerlandes 1 : 75'000 v. Ed. Imhof; erstellt von Hofer & Co., hg. v. d. Landesschulkommission v. Appenzell A.-Rh. 1924. Vgl. Säntisgebiet.

⁴ Hässliche Beispiele solchen unharmonischen Herausfalles der Felsen enthält die Topogr. Uebersichtskarte des Deutschen Reiches 1 : 200'000, herausgegeben v. d. Kartogr. Abt. d. Kgl. Preuss. Landesaufnahme 1905. Siehe z. B. Blatt 193 Oberstdorf.

⁵ Beispiele: Schweizer Schulwandkarte 1 : 200'000 und zahlreiche andere.

beabsichtigte Gesamtbild im Auge behalten. Häufig findet man z. B. Schattentöne, die das Kurvenbild völlig zudecken.¹ Die Schatten müssen in reinen, lasierenden, nicht deckenden Tönen, Kurven, Felszeichnung, Situation etc. aber in deckenden, nicht in das Papier versinkenden Farben gedruckt werden.²

Anwendbarkeit und Grenzen der Reliefdarstellung sind durch folgende zwei Faktoren bedingt:

a) Die Reliefkarte setzt als wesentlichen Bestandteil *Schichtlinien* voraus; sie ist daher nur für Gebiete und Masstäbe anzuwenden, wo auch eine leistungsfähige Schichtlinienzeichnung möglich ist.

b) Ihre plastische Erscheinung beruht zur Hauptsache auf dem *Wechsel* von Licht und Schatten infolge schiefer Beleuchtung. Wir erhalten daher nur dann befriedigende Bilder, wenn auch ein entsprechendes formtreues (nicht überhöhtes) Modell gleichen Massstabes kräftig ausgeprägte Ein- und Ausbiegungen aus der ebenen Fläche besitzt.

Je schlechter diese beiden Bedingungen erfüllt sind, desto mehr muss die Darstellung durch mittelbar anschauliche Elemente ergänzt und schliesslich ersetzt werden. In reinster Form lässt sich die Methode gebrauchen in grossmasstabigen Karten kleinerer alpiner Gebiete, welche nur wenig horizontale Ebenen, Talböden etc. aufweisen. Hier erreichen wir mit der modifizierten natürlich erscheinenden schiefen Beleuchtung, mit Luftperspektive, natürlichen Landschaftsfarben, Schichtlinien und Felszeichnung eine unübertreffbare Plastik. Je grösser aber die Horizontalerstreckungen werden im Verhältnis zur Vertikalgliederung, je ausgedehnter auch die ebenen Flächen sind, desto mehr würde sich das Fehlen deutlich erkennbarer Höhenzonen und die düstere Wirkung der im Halbschatten liegenden Ebenen spürbar machen, desto mehr ist es also nötig, durch mittelbar anschauliche Elemente zu ergänzen, was unmittelbar anschaulich nicht mehr ausgedrückt werden kann. Je kleiner also der Masstab und je flacher und ausgedehnter das Gebiet, desto mehr wird man die reine schiefe Beleuchtung in die kombinierte schiefe und senkrechte oder sogar in die senkrechte übergehen lassen und desto mehr müssen die verschiedenen Höhenlagen durch übertriebene, mehr oder weniger konventionelle Höhenschichtenfarben übersichtlich und bestimmt erfassbar gestaltet werden. Es gibt hier keine scharfe Grenze; sobald aber die Konvention im Bildeindruck überwiegt, wollen wir nicht mehr von einer „Reliefkarte“ sprechen. Es werden z. B. für eine

¹ Reliefkarte des Albula- und Bernina-Gebietes 1 : 100'000, Kartographia Winterthur.

² Beispiele: Schweizer Schulwandkarte 1 : 200'000 v. Kümmerly. Schülerkarte des Kantons Luzern 1 : 150'000 v. Becker, Kümmerly & Frey. Neue Schülerkarte des Kantons St. Gallen 1 : 150'000, bearb. v. Imhof; erstellt von Hofer & Co. Reliefkarte des Appenzellerlandes 1 : 75'000, bearb. v. Imhof; erstellt von Hofer & Co.

brauchbare Reliefkarte der Schweiz in 1:500'000 unmittelbar wirkende Elemente (schiefer Lichteinfall, Luftperspektive) und konventionelle Mittel (teilweise senkrechte Beleuchtung, schattenlose Ebenen, Höhenschichtenfarben) schon stark miteinander vermischt. Verkleinern wir den Masstab noch stärker, so beginnen die konventionellen Mittel zu überwiegen; aber bis zu den kleinsten Masstäben bleibt die schiefe Beleuchtung als klärender Hauptbestandteil der sogen. „allgemeinen Geländeschraffen oder Geländeschummerung“ bestehen.

Auch nach oben, gegen die grössern Masstäbe hin, gibts Grenzen: Eine helle Fläche scheint nur dann anzusteigen, wenn darauf eine entsprechende *Bergschattenseite* folgt. Es muss also das dargestellte Gebiet, um plastisch zu erscheinen, eine gewisse minimale Ausdehnung besitzen, so dass es genügende *Formenwechsel* in sich schliessen kann.¹ Die besten Reliefkartenmasstäbe sind 1:50'000 (für Wandkarten 1:25'000) bis 1:200'000. Hier ist die Methode nicht nur für die Schweiz (das heisst die Schweizer Alpen) anwendbar, wie Eckert sagt, sondern für alle bergigen Gebiete. Zahlreiche Reliefkarten der Zürichseegegend, der Umgebung von Basel² etc. beweisen ihre vorzügliche Wirkung sogar für ziemlich flache oder tafelförmige Gebiete.

Der Keim der *Reliefkartenentwicklung* liegt in den französischen und schweizerischen schief beleuchteten Schraffenkarten der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Vor allem liess die Dufourkarte mit ihrer klaren Plastik die grossen Vorzüge dieser Schattierungsart für das Hochgebirge erkennen; sie zeigte aber auch gleichzeitig die Mängel der Methode in Bezug auf geometrische Formfestlegung. Kombinationen von Schraffen und Kurven lindern diese Mängel, führen aber bei den oft vorkommenden engen Kurvenbildern leicht zu einer gegenseitigen Beeinträchtigung. Erst die Fortschritte der Reproduktionstechnik, die Vervollkommenung des lithographischen Vielfarbendruckes ermöglichten die Verbindung beliebiger Farb- und Schattentöne mit einer gravierten Schichtlinienzeichnung und damit die Entwicklung der eigentlichen Reliefkarte.³ Die ersten Karten dieser Art waren Rudolf *Leuzingers* Gesamtkarte der Schweiz 1:500'000 (Jahrbuch S. A. C. 1881/82) und J. *Randeggers* Karte des Bezirkes Zürich 1:40'000. Beide enthielten schon die wesentlichsten

¹ In dieser Beziehung zu kleine Gebiete umfassen z. B. folgende Karten: Braunwald 1:12'500 und Tarasp 1:15'000 v. Hofer & Co.; Kriens 1:10'000.

² Beispiele:

Topographische Karte des Bezirkes Zürich 1:40'000 v. J. Randegger (vergriffen).

Zürichsee und Umgebung 1:50'000 v. Kümmerly & Frey.

Der Zürichsee und sein Exkursionsgebiet 1:75'000, Art. Inst. Orell Füssli 1925.

Schulwandkarte beider Basel 1:25'000 v. Kümmerly & Frey.

³ Vgl. über die geschichtl. Entwicklung der Reliefkarte: A. *Penck*: Neue Karten und Reliefs der Alpen. Darin insbesondere den Abschnitt: Der Siegfriedatlas und die Reliefkarten der Schweiz. *Heinrich Dübi*: Die ersten fünfzig Jahre des Schweizer Alpenclub, S. 256—261. *Leo Wehrli*: Schweizerische Reliefkarten.

Merkmale der heutigen Reliefkarte: Schichtlinien, Schattierung nach schiefer Beleuchtung, Höhenschichtenfarben und eine luft- oder eine dämmerungsperspektivische Dämpfung der Schattierungen und Farben. Beide zeichnen sich aus durch ihre hervorragende Plastik. Keine der spätern Relief-Handkarten der Schweiz erreichte die Klarheit von Leuzingers Karte. Die sehr schöne Randeggersche Karte des Bezirkes Zürich musste sich später eine Neubearbeitung gefallen lassen, die ein wahrhaft erschreckendes Licht wirft auf eine gewisse neuere Entwicklung der Reliefkartographie¹. Den genannten beiden Karten folgten Gebirgsreliefkarten in grossen Masstäben, Uebersetzungen der Siegfriedkarte, Schulkarten etc. Leuzinger, Randegger, Becker, ferner das Eidg. Topogr. Bureau, später auch Imfeld und Kümmerly wetteiferten miteinander. Die Höhenschichtenabstufung und überhaupt jede Farbigkeit traten in dieser ersten Periode stark zurück. Schichtlinien, Schattierung und Luftperspektive vereinigten sich zu Bildern, die an Klarheit und Plastik die späteren Reliefkarten hinter sich zurück lassen. Man hatte mehr die Form im Auge, als farbige Natureindrücke und geographische Höhenzonen. Auch Beckers erste Reliefkarte des Kantons Glarus 1 : 50'000 (Jahrbuch S. A. C. 1888/89) war trotz der verwendeten grünlichen Töne und entgegen seinen schriftlich niedergelegten Formulierungen² nicht naturähnlicher, als die andern Reliefkarten jener Zeit. Erst nach und nach rang er sich, getreu dem von ihm verfochtenen Prinzip, zu naturähnlicheren und gleichzeitig hypsometrischen Farben durch. Um diese beiden Anforderungen miteinander zu vereinigen, durfte er nicht mehr, wie Leuzinger und Randegger, eine *grau* abgestufte Höhenskala wählen, sondern liess *blaue* Farbe von unten nach oben höhenzonenweise abnehmen. Dieses Blau ergab zusammen mit dem darauf gelegten Gelb naturähnliche grüne Abstufungen. Auch die Schatten erhielten ein landschaftliches Blauviolett. Beispiele: Als Schülerhandkarte bearbeitete *zweite* Reliefkarte des Kantons Glarus 1 : 100'000; Schulhandkarte des Kantons Luzern 1 : 150'000 und zahlreiche andere. Solche Farbskalen in mannigfacher Weise variiert, gestatten es, die dargestellten Landschaften individuell, oft fast im Sinne von Stimmungsbildern zu gestalten³. Schon vorher, im Jahre 1900, erschien die berühmte *Schweizer Schulwandkarte* 1 : 200'000 von Hermann Kümmerly. Sorgfältige, die einzelnen Elemente sehr geschickt kombinierende Ausführung, gute Modellierung und Generalisierung machten sie zu einem Markstein in der Geschichte der schweizerischen Kartographie⁴. Sie bildete den Aus-

¹ Vgl. die Fussnote auf Seite 106 und Leo Wehrli S. 328.

² Becker, F. Neue Bestrebungen auf dem Gebiete der Kartographie.

³ Leo Wehrli: Schweizerische Reliefkarten.

⁴ Wenn Eckert (Kartenwissenschaft I S. 492) Becker als den spiritus rector der Schweizer Schulwandkarte bezeichnet, so ist dies, bei vollster Anerkennung der Verdienste Beckers um die schweizerische Reliefkartographie, nicht richtig. Man vergleiche darüber: J. H. Graf: Die neue schweizerische Schulwandkarte.

Wenn neben Hermann Kümmerly jemand besonderer Erwähnung verdient, so ist dies *Xaver Imfeld*. Seinem Reliefentwurf wurde anlässlich des Wett-

gangspunkt für zahlreiche Schul- und Reliefkarten der kartographischen Anstalt Kümmerly & Frey. Im Gegensatz zur Beckerschen Schule finden wir darin eine weniger scharfe Scheidung zwischen Höhenschichtenfarben und Schattentönen, indem z. B. kaltes und warmes Grün und andere Farben durch Erzeugung von *Kontrastwirkungen* mehr schattenplastisch als höhenschichtenweise verwendet werden. Es ist dies ein gefährliches, jedoch in der Schweizer Schulwandkarte sehr geschickt gelöstes Vorgehen. Alle flacheren Gebiete dieser Karte lassen das Fehlen einer farbigen Höhenschichtendifferenzierung als inhaltlichen Nachteil empfinden.

Beckers Streben nach naturähnlichen Höhenstufen- und Schattenfarben, Kümmerlys ebenfalls auf Naturstudien beruhende Kontrastfarben, dann wohl auch Peuckers Farbentheorie und der Einfluss eines unkritischen, die Buntheit liebenden Publikums führten zu einer immer stärkeren *Farbigkeit* der Reliefkarte, zu einer Farbigkeit, die in vielen neueren Beispielen die frühere Klarheit und Plastik der Modellierung vergeblich suchen lässt¹. Becker selbst, ein Hauptbefürworter der farbigen Reliefkarte, prophezeite in seinen letzten Jahren die Rückkehr zur monochromen Karte². Er ging in dieser Voraussage vielleicht etwas zu weit. Wie ich schon betont habe, bereichern die mittelbar anschaulichen Höhenschichtenfarben unsere Geländedarstellungen in allen denjenigen Fällen, wo eine genügende Formgestaltung mit den unmittelbar wirkenden Mitteln allein nicht mehr gegeben werden kann. Verwenden wir die Farben vorsichtig, sodass die Modellierung nicht verflacht oder zu hart treppenartig gestuft wird, so sind sie auch in vielen Reliefkarten ein gutes und meist zu wenig *systematisch* verwertetes Element. Beckers hypsometrisches Blau und damit eine nützliche und gesetzmässige Höhenstufengliederung (nicht zu verwechseln mit dem gelegentlich zu intensiven Blau der Schatten) finden wir in einigen neuen Reliefkarten des Art. Inst. *Orell Füssli* in Zürich³. Möglichste Nachahmung von Naturfarben und starke Betonung der Luftperspek-

bewerbes der erste Preis zuerkannt. Der endgültige Entwurf Kümmerlys lehnt sich viel mehr an diesen, als an denjenigen Beckers an. Wir haben keinen Grund anzunehmen, dass Imfeld und Kümmerly ihre Entwürfe unter Beckers Einfluss erstellt haben. Eckert stützt sich auf Beckers Ausführungen über „Die Schweizerische Kartographie im Jahre 1914“ Seite 33/34. Es ist schade, dass man dort Imfelds Namen zwischen den Zeilen lesen muss.

¹ Beispiele:

Schweizerischer Mittelschulatlas. Reliefkarten einzelner Gebiete der Schweiz 1 : 125'000 (nach Entwürfen von Becker erstellt).

J. Frey: Reliefkarte des Schwarzwaldes 1:200'000, Kümmerly & Frey.

J. Frey: Haute Savoie 1 : 150'000, Kümmerly & Frey.

Schülerkarte der Schweiz 1 : 600'000 der Kartographia Winterthur.

Man vergleiche die alte St. Galler Schulwandkarte (v. Randegger) mit der modernen farbenprächtigen des Kantons Luzern. Dort ein freilich monotones, etwas hölzernes, aber äusserst plastisches Bild; hier eine wohlgefällige Buntheit, aber kein klares Relief.

² Becker: Die Schweizerische Kartographie im Jahre 1914.

³ Zugerseekarte 1 : 75'000, Tödigruppe 1 : 50'000, Schweiz 1 : 750'000.

tive befürwortet neuerdings besonders *Hermann Hofer* (Graph. Anstalt Hofer & Co.)¹. Gelegenheit zu ersten tastenden Versuchen, einige der hier geschilderten Beobachtungen und Ueberlegungen praktisch zu verwerten, boten dem *Verfasser* die neue Schülerkarte des Kantons *St. Gallen* 1 : 150'000 und die neue Reliefkarte des *Appenzellerlandes* 1 : 75'000². Eine systematischere Bearbeitung wird zukünftigen Karten vorbehalten sein.

VIII. Schlusswort.

Zur Diskussion der Elemente, die geeignet sind aus der ebenen Papierfläche topographische Formen hervorzutäuschen, mussten wir zurückgehen auf möglichst unvoreingenommene Beobachtungen an einfachen Figuren, auf eine Reihe von Malversuchen und kritischen Kartenbetrachtungen. Auf den Formeneindruck, den ein Reliefbild auf den unvoreingenommenen Durchschnittsbeobachter macht, kommt es bei diesen Problemen der Anschaulichkeit allein an. Dieser Formeneindruck resultiert aus einer komplizierten und schwer zu zergliedernden Kombination von psychologischen Vorgängen, Erfahrungen, optischen Täuschungen u. s. w., und ist nicht nach einfachen geometrischen Regeln konstruierbar.

Das Mittel der Beobachtung durch möglichst unbeeinflusste Personen, das wir bei ganz einfachen geometrischen Gebilden angewendet haben, um zu erfahren, ob sie der Durchschnittsbeobachter so oder anders sieht, ist bei der ausserordentlichen Mannigfaltigkeit und Regellosigkeit topographischer Formen nur noch in sehr beschränktem Masse zu gebrauchen. Unsere Guckkastenversuche geben uns daher nur allgemeine Anhaltspunkte zur Bearbeitung und zur Beurteilung von Reliefdarstellungen; sie schaffen aber damit diese noch nicht. Der Bearbeiter einer Reliefkarte muss im Stande sein, sich mit Hilfe gewisser geometrisch-topographischer und geographischer Unterlagen eine ganz bestimmte, sichere und richtige Formvorstellung zu machen. Wenn er diese hat, so muss er seine Papierfläche so bemalen, bis diese selbe Form möglichst deutlich aus dem Papier hervortreten scheint. Hiezu sollte man seine eigene Zeichnung und die darin steckende Form möglichst objektiv, unvoreingenommen betrachten können, wie wenn wir z. B. plötzlich eine in Neuseeland entstandene Zeichnung einer dortigen uns völlig fremden Gegend zu Gesichte bekämen. Ohne dass wir uns dessen bewusst werden, sind wir immer geneigt, in unserer Zeichnung die uns bekannte Form zu sehen, selbst wenn die Zeichnung dieser Form nicht völlig entspricht. Dieses kritisch objektive Sehen ist sehr schwer und ich glaube, es hat noch nie ein Reliefkartograph diese Fähigkeit voll besessen. Es ist nicht

¹ Braunwaldkarte 1 : 12'500. Pfannenstielkarte 1 : 25'000.

² Beide erstellt durch Hofer & Co.; die erstere herausgegeben vom Erziehungsdepartement des Kantons St. Gallen 1922, die letztere von der Landeschulkommission von Appenzell A.-Rh. 1924.

schwer, plastische Effekte zu erzielen, aber es ist schwer, die *richtige* naturtreue Plastik zu erreichen. Auf ein Mittel zur Erleichterung dieses objektiven Sehens sei kurz hingewiesen: Man betrachtet seinen Reliefentwurf mit *einem* Auge und im *Spiegel*. Das einäugige Sehen verdeutlicht die plastische Illusion, weil es das uns entgegen arbeitende stereoskopische Sehen ausschaltet, und der Spiegel erzeugt eine uns neue, fremde Landschaft, in der wir viel objektiver sehen können, ob eine Passlücke tiefer oder weniger tief eingeschnitten, ein Berg höher oder niedriger, ein Abhang flacher oder steiler erscheint.

Unsere Untersuchungen haben gezeigt, wo die unmittelbar wirkenden Darstellungselemente versagen, wo und wie sie durch andere Mittel zur Reliefkarte zu ergänzen sind, damit eine vollste Anschaulichkeit und gleichzeitig der geometrische und geographische Karteninhalt möglichst gesteigert wird.

So gewonnene *Richtlinien* werden die Reliefkartographie heben und vor den immer wieder eintretenden Rückschlägen schützen. Sie dürfen aber nicht zur starren, unverständenen Manier ausarten. Manier und Schablonisierung sind unsere schlimmsten Feinde. Wir bewahren uns davor durch eine klare Erfassung des erstrebten Zieles. In dieser Hinsicht sind die Karten Leuzingers und Randeggers zahlreichen modernen Reliefkarten überlegen. Die vielen guten Elemente und Erfahrungen solcher älterer Karten müssen ausgenützt werden. Wohl dringen wir mit der Aufstellung solcher Richtlinien nicht ein in die letzten Feinheiten und Schönheiten einer guten Reliefkarte. Die gegenseitige Beeinflussung verschiedener linearer und flächenhafter Elemente, die Aufgaben, Form- und Naturillusionen zu wecken, bieten einer restlosen theoretischen Erfassung zu grosse Schwierigkeiten. Ob eine Flächenfarbe gegenüber einzelnen linearen Elementen zu stark oder zu schwach ist, ob sie „durchfällt“, wie das Bild „abzustimmen“ ist, damit ein harmonisches, ruhiges Ganzes entsteht, wie scharf man Kontraste wirken lassen darf, wie starke Lichtdrehungen bei der Schattierung notwendig und zulässig und wie weit Details gegenüber Hauptformen zu betonen oder zu dämpfen sind, u. s. w. entscheidet das Künstlerauge viel leichter und sicherer, als jede Theorie. Alle bedeutenden Reliefkartenzeichner verdanken letzten Endes ihre Erfolge mehr ihrem künstlerischen Talente, ihrem zeichnerischen Können, als theoretischen Erwägungen. Aber trotzdem ist die theoretische Erkenntnis der Grundgesetze plastischer Darstellung unerlässlich; sie bewahrt uns vor groben Verirrungen, vor dem stets neuen Suchen längst erkannter Dinge. „Es ist weit mehr Positives, das heisst Lehrbares und Ueberlieferbares in der Kunst, als man gewöhnlich glaubt, und der mechanischen Vorteile, wodurch man die geistigen Effekte (versteht sich immer mit Geist) hervorbringen kann, sind sehr viele.“ Dieser Ausspruch von Goethe gilt in vollstem Masse auch für die Reliefkartographie als *angewandte* Kunst.

Es ist das schönste Privilegium und gleichzeitig die grösste *Gefahr* der Reliefkartenzeichnung, dass ihre geistigen Quellen aus der Wissenschaft *und* Kunst fliessen. Sie kann nicht nach einfachen, gut ausgedachten Schablonen erstellt werden. Dies erschwert ihre gute und allgemeine Ausführung.

Ein zweites Hindernis ist die heikle und kostspielige *Reproduktion*. Wenn wir nicht auf Kosten der Klarheit und Schönheit des Bildes Konzessionen machen wollen, so sind *mindestens* 12 Druckplatten erforderlich. Wird nur *eine* derselben unzweckmässig erstellt, oder für den Druck mit nicht sehr geschickt gewählter Farbe versehen, so stört dies den Gesamteindruck empfindlich. Wie Haack¹ schrieb, wird der Kartenzeichner nie nach seinem Original, sondern stets nach der Reproduktion beurteilt; diese vermag bei Reliefkarten kaum allen Feinheiten zu folgen. Andererseits spart die Möglichkeit, Probedrucke in verschiedenen Farbennüancen erstellen zu können dem Kartenzeichner auch manchen mühsamen Malversuch. Schlimmer steht es oft beim Nachdruck von *Neuauflagen* ohne Mitwirken des Autors. Es genügen Kleinigkeiten, z. B. das nicht genaue Passen einer Farbe, irgendwo ein zu starkes, zu schwaches, zu reines oder zu trübes Blau, um die Karte völlig zu entstellen.² Mit der raschen Entwicklung der Vervielfältigungstechnik und der wachsenden Erfahrung im Reliefkartendruck ist jedoch zu erwarten, dass sich solche Schwierigkeiten nach und nach verringern.

Solchen Nachteilen stehen (gute Ausführung vorausgesetzt) als bedeutende *Vorzüge gegenüber* die *Schönheit* des Bildes und seine ausserordentliche *Anschaulichkeit*. In diesen Beziehungen übertrifft die Reliefkarte als einzige unmittelbar plastische Darstellung für Gebirgsgegenden bei weitem alle andern Darstellungen. Dadurch eignet sie sich in erster Linie als *Schulkarte*; sie wird aber umso weniger auf diese beschränkt bleiben, je mehr sie verbessert und vereinfacht werden kann.

Anschaulichkeit und Schönheit, obschon an und für sich Vorzüge der Karte, bergen aber auch gewisse Gefahren in sich. Man sah, dass sich mit Reliefkarten verhältnismässig leicht ausserordentliche Effekte erzielen liessen. Die Folge davon war und ist eine gewisse Produktion von bunten, zu wenig sorgfältig und ohne tiefere Einsicht „fabrizierten“ Karten. Auf Grund von solchen und aus Unkenntnis der Methoden wurde die Reliefkartographie gelegentlich als Blendwerk hingestellt. Man warf ihr mangelnde Objektivität und damit Unwissenschaftlichkeit vor. Solche Vorwürfe wären völlig gerechtfertigt, wenn sie sich gegen mangelhafte Ausführung, gegen einzelne schlechte

¹ H. Haack: Ostwalds Farbentheorie in der Kartographie. Abschnitt IV. 2e. S. 219.

² Ein betrübendes Beispiel ist die Ausgabe von Beckers Schülerkarte des Kantons Glarus 1 : 100'000 nach seinem Tode.

Karten wendeten. Es wird aber leicht das Kind mit dem Bade ausgeschüttet und die Methode verurteilt, statt ihre schlechte Handhabung.

Der Vorwurf der *Unwissenschaftlichkeit* der Methode ist ungerecht. Objektiv gegeben ist die natürliche Geländeform und bis zu einem gewissen beschränkten Grade ihre geometrische Erfassung und Festlegung durch Schichtlinien, *nie* aber ihre bildliche Veranschaulichung. *Jedes* Bild, auch jede Karte ist ein mehr oder weniger subjektiver Auszug aus der Erscheinungssumme des Objektes. Subjektivität braucht noch lange nicht Unwissenschaftlichkeit zu sein. Die Schichtlinien sind in der Reliefkarte eine selbstverständliche Voraussetzung. Die übrigen Mittel haben daher nur noch veranschaulichende Aufgaben; sie sollen eine möglichst hohe und naturtreue Plastik vortäuschen. Hiezu ist jedes Mittel herbeizuziehen und auch wissenschaftlich gerechtfertigt, das seinen Zweck erreicht. Die Reliefkarte steht in Bezug auf plastische Erscheinung an erster Stelle. Dieser plastische *Eindruck* (nicht zu verwechseln mit der Gruppierung der Licht- und Schattenflecken auf dem Papier) ist viel weniger subjektiv, viel weniger von der zufälligen Beleuchtungsrichtung abhängig, als oft behauptet wird; dies gilt selbstverständlich nur unter der Voraussetzung sorgfältiger Bearbeitung und völliger Beherrschung der Methode. Ferner kann der geistige Gehalt einer Reliefkarte ebenso hoch sein, wie derjenige irgend einer andern Karte. Durch die volle Erhaltung der Schichtlinien und ihre Kombination mit Elementen unmittelbarer und mittelbarer Anschaulichkeit stellt die Reliefkarte für viele Fälle eine auch wissenschaftlich vollwertige Lösung dar. Sie verlangt zu ihrer gerechten Würdigung nichts, als eine vorurteilslose Betrachtung guter Beispiele. Manche Kartographen und Geographen sind an gewisse mittelbar wirkende Kartenelemente durch jahrzehntelange Benützung so gewöhnt, dass sie jede neue Karte an ihrer gewohnten Manier messen und nicht mehr fähig sind, die Reliefkarte unmittelbar auf sich wirken zu lassen.¹ — Es werden der Reliefkarte oft die sog. senkrechte Beleuchtung oder das Wiechelsche System oder die Peuckersche Lehre als wissenschaftliche Methoden gegenübergestellt. Die ursprüngliche Aufstellung der Regeln sogenannter

¹ Chr. v. Steeb (Terraindarstellung mit schiefer Beleuchtung) deutet in der Dufourkarte hell als flach und dunkel als steil und kommt damit zu ganz unrichtigen Böschungsschätzungen. Ferner begeht er den fundamentalen Fehler, die schiefe Kartenbeleuchtung auf Grund von Reliefphotographien zu beurteilen. Drittens betrachtet er, verleitet durch die Dufourkarte, die schiefe Beleuchtung als selbständiges und sich selbst genügendes Geländedarstellungsmittel, ohne daran zu denken, dass die Problemstellung sich völlig verändert, sobald man Schichtlinien mit ihr kombiniert. Auf Grund solcher Irrtümer kommt er zu der folgenden schönen Verdammung der schiefen Beleuchtung:

„Lieber Sterne ohne Strahlen,
Als Strahlen ohne Sterne,
Lieber Kerne ohne Schalen,
Als Schalen ohne Kerne!“

senkrechter Beleuchtung mochte wohl auf wissenschaftlichen Ueberlegungen beruht haben, ihre praktische Ausführung hingegen ist, solange sie diesen Regeln treu, also „wissenschaftlich“ bleibt, geschicktes Handwerk, mechanische Schablone. Zu was für unbrauchbaren Lösungen das vermeintlich objektive Wiechelsche System führt, und wie es mit dem „wissenschaftlich eindeutigen Höhenbild“ Peuckers steht, habe ich zur Genüge nachgewiesen. Es ist ein *Fehler* mancher Kartentheoretiker, die Wissenschaftlichkeit einer Geländedarstellung nur hinter einer geometrischen Gesetzmässigkeit der Zeichnungsschablone zu suchen. Das Problem ist viel reicher und viel komplizierter und umfasst sowohl alle Fragen der geometrischen Formfestlegung, der Anschaulichkeit, Klarheit und Lesbarkeit oder allgemeiner der optischen und psychologischen Bilderfassung, ferner des zweckmässigen Karteninhaltes, der hier nicht betrachteten Generalisierung der Formen.

Die vorliegenden Ausführungen möchten nicht nur ungerechte Vorwürfe abwehren, sondern in erster Linie zur weiteren Vervollkommenung der Reliefkartendarstellung einiges beitragen. Es geschah dies durch eine Klarstellung des zu verfolgenden Zieles, durch die Entwicklung gewisser Richtlinien der Bearbeitung, durch rücksichtsloses Aufdecken häufig vorkommender Fehler, durch ein freies Eingeständnis der Schwächen, welche der Methode selbst anhaften, und durch die Untersuchung, wie solche zu beheben oder zu lindern seien.

Die Reliefkarte steht nicht am Ende ihrer Entwicklung. Wir haben aber, wie auch anderwärts in der Kartographie, Fortschritte weniger von einer unwahrscheinlichen Entdeckung völlig neuer Darstellungselemente zu erwarten, als von einer noch sorgfältigeren Ausführung und einer besseren, kritischeren Verwertung und Kombination vieler Erfahrungen, die sich aus zahllosen Karten gewinnen lassen.

Literatur.

I. Psychologie und Physiologie der optischen Raumwahrnehmung:

- Ammann, E.:* Zur Farbenstereoskopie. Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde. 1925. LXXIV. Band. Mai-Juni. Verlag von Ferdinand Enke in Stuttgart.
- Brücke, E.:* Physiologie der Farben für die Zwecke der Kunstgewerbe. 2. Auflage, Leipzig 1887.
- Brückner, E. u. A.:* Zur Frage der Farbenplastik in der Kartographie. Mitteilungen der k. k. geograph. Gesellschaft in Wien. 52. Band. 1909.
- Bourdon:* La perception visuelle de l'espace. Paris 1902.
- Burmester, L.:* Theorie der geometrisch-optischen Gestalttäuschungen. 1. Mittg. Z. f. Psychol. Bd. 41, I. S. 321. 1906.
- Einhoven, W.:* Stereoskopie durch Farbendifferenz. Albrecht von Gräfes Archiv für Ophthalmologie, Berlin 1885.
- Einhoven, W.:* On the production of shadow and perspective effects by difference of colour. Brain. (Zit. nach Z. f. Psychol. Bd. 7. S. 413).
- Hildebrand:* Das Verhältnis der Akkommodation und Konvergenz zur Tiefenlokalisation. Zeitschrift für Psychologie VII. 1894.
- Hildebrand:* In Sachen der optischen Tiefenlokalisation. Edda. XVI.
- Nagel:* Handbuch der Physiologie des Menschen. 3. Bd.: Physiologie der Sinne.
- Stumpf, C.:* Ueber den psychologischen Ursprung der Raumvorstellung, Leipzig 1873.
- Tigerstedt:* Handbuch der physiologischen Methodik, 3. Band, 1. Hälfte. Leipzig 1914.
- Witasek, St.:* Die Psychologie der Raumwahrnehmung des Auges, Heidelberg 1910.

II. Kartographische Geländedarstellung.

- Bancalari, G.:* Kartographische Studien. Organ der militärwissenschaftl. Vereine. XLIX. Band. Wien 1894.
- Basevi, A. und Fritzsche, G. E.:* La rappresentazione orografica a luce doppia. Istituto cartografico italiano. Roma 1892.
- Becker, F.:* Neuere Bestrebungen auf dem Gebiete der Kartographie. Jahrbuch des Schweizer Alpenclub. 24. Jahrgang. 1888—89.
- Becker, F.:* Die schweizerische Kartographie an der Weltausstellung 1889 und ihre neuen Ziele. Frauenfeld 1890.
- Becker, F.:* Die Kunst in der Kartographie. Geographische Zeitschrift hg. v. A. Hettner, Bd. 16. Leipzig 1910.
- Becker, F.:* Die schweizerische Kartographie im Jahre 1914. Schweizer. Zeitschrift für Artillerie u. Genie. Frauenfeld 1915.
- Bludau, A.:* siehe unter Zöppritsch.
- Brückner, E.:* Reliefkarten. Jahrbuch der Geogr. Gesellschaft zu Bern 1893.
- Brückner, E. u. A.:* Zur Frage der Farbenplastik in der Kartographie. Mitteilungen der k. k. geograph. Gesellschaft in Wien. 52. Band. 1909.
- Chauvin, F.:* Die Darstellung der Berge in Karten und Plänen. Berlin 1852.
- Chauvin, F.:* Das Bergzeichen rationell entwickelt. Berlin 1854.
- Eckert, M.:* Die Kartenwissenschaft. I. Band. Berlin u. Leipzig 1921.

- Eckert, M.*: Die Kartenwissenschaft, II. Band. Berlin und Leipzig 1925.
- Flückiger, O.*: Die neue Schülerkarte des Appenzellerlandes. Rezension der Reliefkarte 1 : 75'000 v. Imhof. S. 402 d. Schweizerischen Lehrerzeitung. Jahrgang 1924.
- Freytag, G.*: Die Wirkung der Farben in der Geländedarstellung auf Landkarten. Wien (Freytag u. Berndt) 1911.
- Friedrich, E.*: Karte des Rigi. Ein Beitrag zur Terraindarstellung. Globus. Illustr. Zeitschr. f. Länder- u. Völkerkunde. LXXXII. 1902 (mit Kartenbeilage).
- Fritzsche, G. E.*: siehe bei Basevi.
- Geisler, W.*: Das Bildnis der Erde. Halle (E. Thamm), 1925.
- Graf, J. H.*: Die neue schweizerische Schulwandkarte. Bern (K. J. Wyss) 1900.
- Haack, H.*: Ostwalds Farbentheorie in der Kartographie. Geographischer Anzeiger, hg. v. H. Haack. 25. Jahrgang, Hefte 5—10. Gotha (Justus Perthes) 1924.
- Habenicht*: Ein Wort zur Terraindarstellung mit schiefer Beleuchtung. Peterm. Mittg. 1897.
- Hammer, E.*: Ueber Darstellung der Bodenformen auf geogr. u. topograph. Karten. Geogr. Jahrbuch Bd. 17. 1894.
- Hammer, E.*: Terraindarstellung mit schiefer Beleuchtung. Peterm. Mittlg. 1897.
- Harms, H.*: Ueber seine kartograph. Arbeiten. Den Teilnehmern am 20. deutschen Geographentag gewidmet von der Verlagsanstalt List u. v. Bresensdorf. Leipzig 1921.
- Hartnack, W.*: Die Topographische Grundkarte des Deutschen Reiches 1 : 5000. Petermanns Mitteilungen 1925.
- Hassinger, H.*: Die neue Schulwandkarte beider Basel und einige Klippen kartographischer Darstellung. Der Schweizer Geograph. 1. Jahrgang. Bern (Kümmerly & Frey) 1924.
- Hettner, A.*: Die Eigenschaften und Methoden der kartographischen Darstellung. Geogr. Zeitschrift 1910.
- Hödlmoser, K.*: Ueber Terraindarstellung in Karten. Mitteilungen des k. u. k. Militärgeogr. Instituts in Wien, Bd. 1897.
- Imhof, E.*: Erläuterungen zur neuen Reliefkarte des Appenzellerlandes, hg. v. d. Landesschulkommission von Appenzell A.-Rh. Herisau 1925.
- Penck, A.*: Rezension von Leuzingers Reliefkarte von Mittel- u. Südbayern etc. Mitg. der k. k. Geogr. Ges. Wien (S. 232), 1888.
- Penck, A.*: Neue Karten und Reliefs der Alpen, Studien über Geländedarstellung. Sonderabdruck aus der geograph. Zeitschrift hg. v. A. Hettner, Leipzig (Teubner) 1904.
- Peucker, K.*: Schattenplastik und Farbenplastik (Artaria & Co.) Wien 1898.
- Peucker, K.*: Höhenschichtenkarten. Studien und Kritiken zur Lösung des Flugzeugproblems. Sonderabdruck aus der Zeitschrift für Vermessungswesen, Band 39 (K. Wittwer) Stuttgart 1910.
- Röger, J.*: Die Geländedarstellung auf Karten. München (Riedel) 1908.
- Romer, E. v.*: Kritische Bemerkungen zur Frage der Terraindarstellung. Mitteilungen der k. k. Geogr. Gesellschaft in Wien. 1909.
- Steeb, Ch. v.*: Terraindarstellung mit schiefer Beleuchtung. Mitteilg. des k. k. militärgeogr. Institutes in Wien. Band XVI. 1896.
- Streffleur, V. v.*: 77 gegenwärtig noch in Anwendung stehende Mittel zur Ausführung der Bergzeichnung. Oesterr. milit. Zeitschrift, 1. Bd. 1868.
- Stucki, G.*: Ein Rückblick auf die Entwicklung der schweizerischen Kartographie. Geograph. Kartenverlag Bern 1906.
- Vogel, C.*: Rezension von Leuzingers Reliefkarte der Schweiz 1 : 500'000 in Petermanns Mitteilungen 1884 (S. 429).
- Wehrli, Leo*: Schweizerische Reliefkarten, in Natur und Technik, schweizerische Zeitschrift für Naturwissenschaften. Jahrgang II. Heft 11, Zürich (Rascher) 1921.

Wiechel, H.: Theorie und Darstellung der Beleuchtung von nicht gesetzmässig gebildeten Flächen mit Rücksicht auf die Bergzeichnung. Der Civilingenieur, Bd. 24, 1878.

Zondervan, H.: Allgemeine Kartenkunde. Leipzig (Teubner) 1901.

Zöppritz, K. und Bludau, A.: Leitfaden der Kartenentwurfslehre, 2. Teil: Kartographie u. Kartometrie. Leipzig (Teubner) 1908.

III. Verschiedenes.

Davis, W. M.: Die erklärende Beschreibung der Landformen. Leipzig 1912.

Dübi, H.: Die ersten fünfzig Jahre des Schweizer Alpenclub. Bern 1913.

Heim, Albert: Luft-Farben. Zürich (Hofer & Co.) 1912.

Imhof, E.: Siedelungsgrundrissformen und ihre Generalisierung im Kartenbilde. Mitteilungen der Geogr. enthogr. Gesellschaft Zürich. Bd. XXIV. 1923—24, Zürich 1925.

Stollberger: Kampfschule für Infanterie. I. Teil (Verlag: Offene Worte) Charlottenburg 1924.

Württemberg, E.: Zeichnung, Holzschnitt und Illustration. Basel (B. Schwabe) 1919.
