

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
INSTITUT FÜR HOHERE GEODÄSIE
1040 WIEN, GUSSHAUSTRASSE 27

Sonderheft 18
der Österreichischen Zeitschrift
für Vermessungswesen

EXAKTE SCHICHTLINIEN
UND
TOPOGRAPHISCHE
GELÄNDEDARSTELLUNG

von

Dr. Leonhard Brandstätter

Wolfsberg in Kärnten



Herausgeber, Eigentümer und Verleger:
Österreichischer Verein für Vermessungswesen
Wien VIII, Friedrich-Schmidt-Platz 3

Wien 1957

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen

6 Nummern jährlich mit Beilage: Mitteilungsblatt.
Jahresabonnement S 72.—.

Sonderhefte zur Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen

- Sonderheft 1: Festschrift Eduard Doležal. Zum 70. Geburtstag. 198 Seiten, Neuauflage, 1948. Preis S 18.—.
- Sonderheft 2: Lego (Herausgeber), Die Zentralisierung des Vermessungswesens in ihrer Bedeutung für die topographische Landesaufnahme. 40 Seiten, 1935. Preis S 24.—.
- Sonderheft 3: Ledersteger, Der schrittweise Aufbau des europäischen Lotabweichungssystem und sein bestanschließendes Ellipsoid. 140 Seiten, 1948. Preis S 25.—.
- Sonderheft 4: Zaar, Zweimedienphotogrammetrie. 40 Seiten, 1948. Preis S 18.—.
- Sonderheft 5: Rinner, Abbildungsgesetz und Orientierungsaufgaben in der Zweimedienphotogrammetrie. 45 Seiten, 1948. Preis S 18.—.
- Sonderheft 6: Hauer, Entwicklung von Formeln zur praktischen Anwendung der flächentreuen Abbildung kleiner Bereiche des Rotationsellipsoids in die Ebene. 31 Seiten, 1949. (Vergriffen.)
- Sonderheft 7/8: Ledersteger, Numerische Untersuchungen über die Perioden der Polbewegung. Zur Analyse der Laplace'schen Widersprüche. 59 + 22 Seiten, 1949. Preis S 25.—.
- Sonderheft 9: Die Entwicklung und Organisation des Vermessungswesens in Österreich. 56 Seiten, 1949. Preis S 22.—.
- Sonderheft 11: Mader, Das Newton'sche Raumpotential prismatischer Körper und seine Ableitungen bis zur dritten Ordnung. 74 Seiten, 1951. Preis S 25.—.
- Sonderheft 12: Ledersteger, Die Bestimmung des mittleren Erdellipsoids und der absoluten Lage der Landstriangulationen. 140 Seiten, 1951. Preis S 35.—.
- Sonderheft 13: Hubeny, Isotherme Koordinatensysteme und konforme Abbildungen des Rotationsellipsoids. 208 Seiten, 1953. Preis S 60.—.
- Sonderheft 14: Festschrift Eduard Doležal. Zum 90. Geburtstag. 764 Seiten und viele Abbildungen. 1952. Preis S 120.—.
- Sonderheft 15: Mader, Die orthometrische Schwerekorrektur des Präzisions-Nivellements in den Hohen Tauern. 26 Seiten und 12 Tabellen. 1954. Preis S 28.—.
- Sonderheft 16: Theodor Scheimpflug — Festschrift. Zum 150jährigen Bestand des staatlichen Vermessungswesens in Österreich. 90 Seiten mit 46 Abbildungen und XIV Tafeln, 1956. Preis S 60.—.
- Sonderheft 17: Ulbrich, Geodätische Deformationsmessungen an österreichischen Staumauern und Großbauwerken. 72 Seiten mit 40 Abbildungen und einer Luftbildkarten-Beilage, 1956. Preis S 48.—.
- Sonderheft 18: Brandstätter, Exakte Schichtlinien und topographische Geländedarstellung. 94 Seiten mit 49 Abbildungen und Karten und 2 Kartenbeilagen. 1957. Preis S 80.— (DM 14.—).

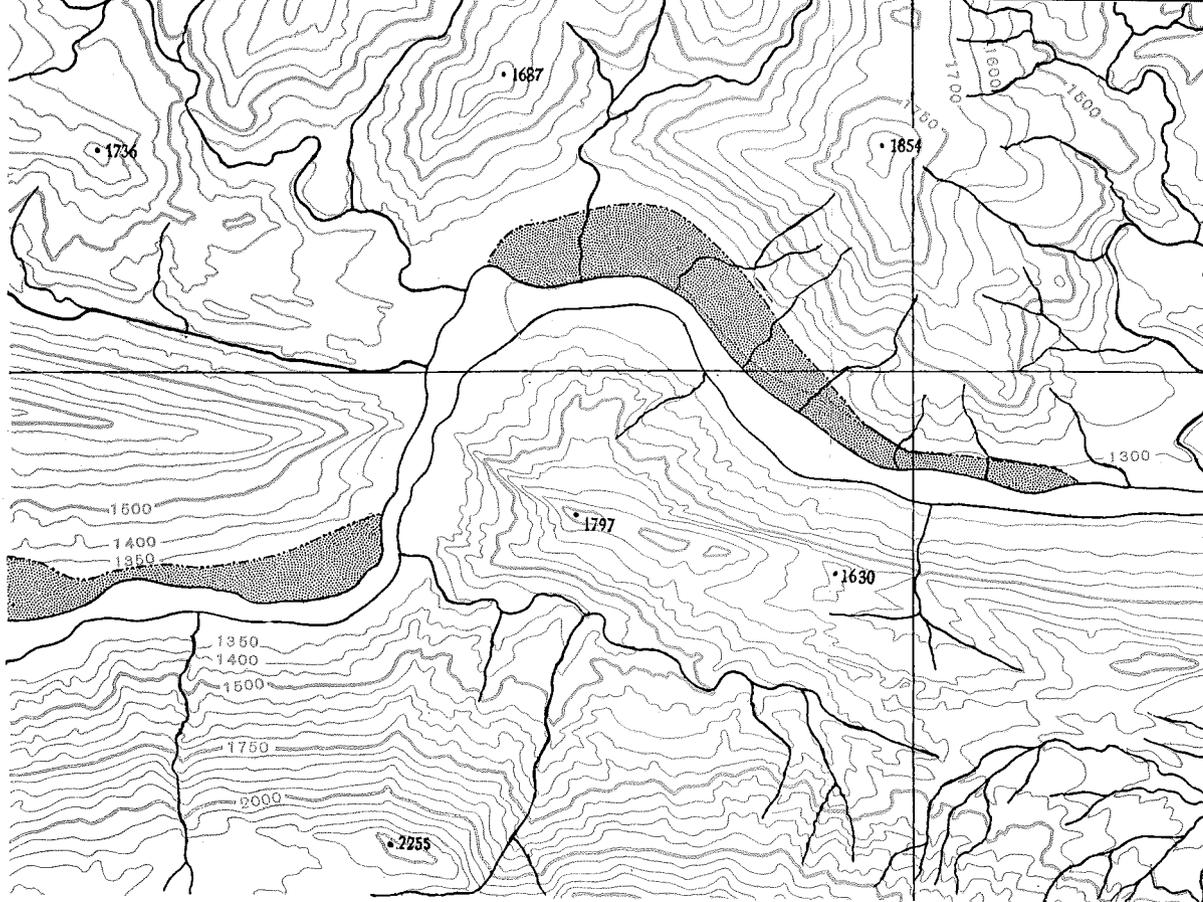


Abb. 1



1:10560 SURVEY with contours at 50 ft. V.I.

This example shows part of a topographic map which was required for the development of a new oil field.

The area mapped provides an excellent example of the great value of air survey in country which is difficult of access, rugged, mountainous and sparsely inhabited. Mapping such an area by ground survey methods only would have been a slow and costly process and the general accuracy inferior to that achieved by air survey.

Based on a framework of ground control points the map was plotted on the Wild A.5. stereo plotting machine from vertical photographs taken from a height of 15,000 feet above sea level, giving a contact scale approximately 1:15000.

The photographs from which the map was compiled were of additional value in providing detailed information to the geologists and development engineers.

1:10560 SURVEY

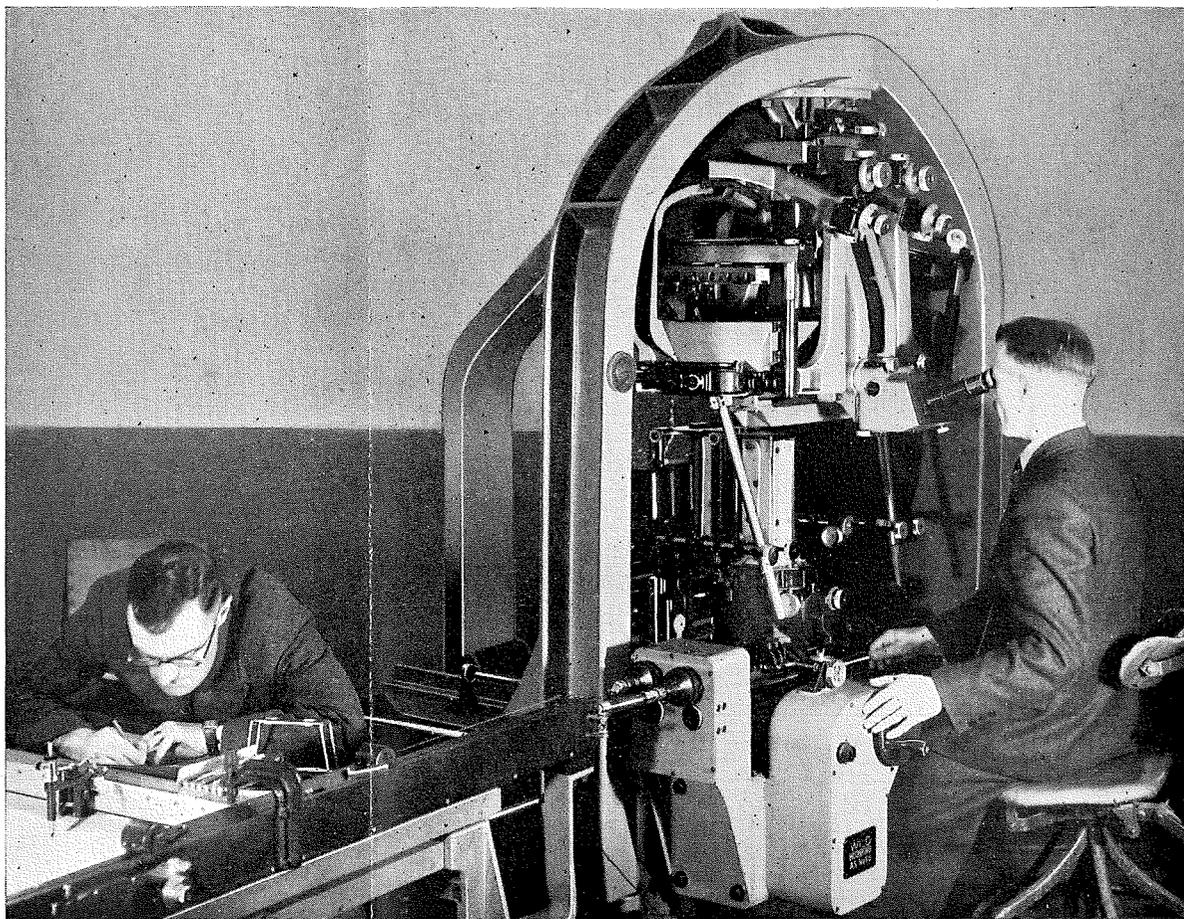


Aus einem Prospekt der Hunting Aerosurveys Limited, London. Luftbildkartierung 1:10.560 am Wild-Autographen A5. Vertikaler Schichtlinienabstand (Äquidistanz) 50 engl. Fuß (= 15,24 m). Planherstellung für die Projektierung von Erdölanlagen. — Die Gegenüberstellung (Schichtlinienplan — Luftbild), hier infolge Fehlens verdeckender Vegetation besonders wirkungsvoll, wirft ein Schlaglicht auf die Darstellungsprobleme der heutigen Topographie. Laut Prospekt vermochten zwar die Stereolufthilder und der Plan alle erforderlichen technischen und geologischen Aufschlüsse zu erteilen, zur Gewinnung einer für sich selbst sprechenden topographischen Geländedarstellung drängen aber unweigerlich einige Fragen zur Beantwortung. Die wichtigsten sind wohl: Wie ließe sich eine klare bildliche Beziehung zwischen Plan und Gelände herstellen? Sind die Schichtlinien genügend charakteristisch kartiert? Ist die Äquidistanz günstig gewählt?

Example by

**HUNTING AEROSURVEYS
LIMITED**

29 Old Bond Street, London, W.1



This photograph shows a WILD "Autograph A.5." which incorporates the latest developments in air photogrammetry and is one of a number used in our laboratories. Pairs of air photographs taken with a specially constructed survey camera are set up in the machine in the actual positions they occupy at the moment of photography. By observing the photographs stereoscopically through a binocular system one obtains a 3-dimensional view of the landscape from which it is possible to map on scales up to 1:1000 with contours at 5 ft. vertical intervals.

HUNTING AEROSURVEYS LTD.

29 Old Bond Street, London, W.1. Cables: "Airsirvey, Piccy." Telephone: REGent 5211.

AFRICA: AIRCRAFT OPERATING CO. OF AFRICA LTD.

Aircraft House, 23 Rogers Street, Selby, Johannesburg. Cables: "Airphotos Johannesburg." Telephone: Johannesburg 33-3255.

CANADA: PHOTOGRAPHIC SURVEY CORPORATION LTD.

1450 O'Connor Drive, Leaside, Toronto, Ontario. Cables: "Fotosurvey, Toronto." Telephone: Oxford 7151.

AUSTRALIA: ADASTRA AIRWAYS (PTY) LTD.

41-43 Lords Road, Mascot, N.S.W. Cables: "Adastra, Sydney." Telephone: MU 2511-2.

NEW ZEALAND: NEW ZEALAND AERIAL MAPPING LTD.

P.O. Box 287, Hastings, New Zealand. Cables: "Airmapping, Hastings." Telephone: Hastings 3778.

S. AMERICA: AEROFOTOS LTDA.

c/o LANSA LTDA., Carrera 43 No. 34-06, Barranquilla, Colombia, S.A.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
INSTITUT FÜR HOHERE GEODÄSIE
1040 WIEN, GUSSHAUSSTRASSE 27-29

Inventar Nr. 809 / 13

Sonderheft 18
der Österreichischen Zeitschrift
für Vermessungswesen

EXAKTE SCHICHTLINIEN
UND
TOPOGRAPHISCHE
GELÄNDEDARSTELLUNG

von

Dr. Leonhard Brandstätter

Wolfsberg in Kärnten



Herausgeber, Eigentümer und Verleger:
Österreichischer Verein für Vermessungswesen
Wien VIII, Friedrich-Schmidt-Platz 3

Wien 1957

Copyright by Österreichischer Verein für Vermessungswesen
Nachdruck verboten

Photomech. Repr. und Druck :
Bundesamt für Eich- u. Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien
Printed in Austria

Anschrift des Verfassers :
Dr. Ing. Leonhard Brandstätter, Wolfsberg in Kärnten, Gries 30

Vorwort

Herr Dipl.Ing.Dr.techn. Leonhard Brandstätter, ein bekannter und erfahrener Topograph, hat schon geraume Zeit die Frage der Geländedarstellung in grossmasstäblichen topographischen Kartenwerken behandelt und seine Gedanken zu diesem Thema in der Arbeit "Das Geländeproblem in der Hochgebirgskarte 1:25.000", I. und II. Teil, in den Jahrbüchern der Kartographie für die Jahre 1941 und 1942 niedergelegt. Die vorliegende, aussergewöhnlich gründliche Veröffentlichung ist die Frucht seiner langjährigen, intensivsten Beschäftigung mit diesem Gegenstand und stellt eine wesentliche Erweiterung und Ergänzung der genannten Arbeiten dar. Der Verfasser macht darin konkrete Vorschläge zur Verbesserung der kartographischen Geländedarstellung.

Das Werk ist gerade gegenwärtig von besonderem Interesse, weil die Kartenwerke mehrerer europäischer Länder vor der Neuauflage stehen und die Vorschläge Brandstätters dabei entsprechende Beachtung finden könnten.

Prof. Dr. Richard Finsterwalder, Direktor des Instituts für Photogrammetrie, Topographie und Allgemeine Kartographie der Technischen Hochschule München, äussert sich über die gegenständliche Veröffentlichung in einem Schreiben an den "Österreichischen Verein für Vermessungswesen" mit folgenden Worten:

"Meinerseits darf ich grundsätzlich zu der Arbeit von Herrn Brandstätter dahingehend Stellung nehmen, dass es sich um ein ganz besonders wertvolles Werk handelt, das in der derzeitigen kartographischen Literatur und auch der der letzten Jahrzehnte sicher einen hervorragenden Rang einnimmt. Handelt es sich dabei doch um wohldurchgearbeitete in vieler Hinsicht schöpferische Vorschläge für die Neugestaltung unserer künftigen Karten. Gerade auch vom photogrammetrischen Standpunkt ist die Arbeit von Herrn Brandstätter wichtig, weil sie das, was die Schichtlinien an Geländedarstellung nicht geben können, in systematischer Weise ergänzt".

Die Veröffentlichung der für die Kartographie wertvollen Arbeit wäre fast an den hohen Herstellungskosten gescheitert, welche die zahlreichen Kartenbeilagen erfordern, hätte nicht der Arbeitskreis "Topographisch-morphologische Kartenproben" in München und die "Österreichische Kommission für die Internationale Erdmessung" in Wien die Herausgabe des Werkes durch namhafte Druckkostenzuschüsse ermöglicht. Weiters haben die Eidgenössische Landestopographie Wabern - Bern den Kartenausschnitt vom Blatt Säntis 1:25.000 und die Gesellschaft Hunting-Aerosurveys Limited London das Prospekt über Luftbildkartierungen kostenlos beigelegt. Allen diesen Stellen spreche ich für ihre Unterstützung im Namen des "Österreichischen Vereines für Vermessungswesen" den besten Dank aus.

Rohrer.

Die Herausgabe dieser Arbeit in so reich illustrierter Form wurde nur durch viel freundliches Entgegenkommen von amtlicher, wissenschaftlicher und privater Seite ermöglicht.

An der Ausstattung mit Beispielen haben sich selbstlos beteiligt:

Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien,
Eidgenössische Landestopographie in Bern-Wabern,
Niedersächsisches Landesvermessungsamt in Hannover,
Hunting Aerosurveys Ltd. in London,
Alpenverein in Innsbruck und München,
Arbeitskreis "Topographisch-morphologische Kartenproben" in München,
Hespa-Domäne in Wolfsberg i. K.,
Ingenieur ETH W. Blumer in Bern,
Zeiss-Aerotopograph in München,
Alpenfotogrammetrie Ges. m. b. H. in Innsbruck und Wels.

Allen genannten Stellen sei hiermit bestens gedankt!

In besonderer Weise hat Herr Prof. Dr. R. Finsterwalder, Technische Hochschule in München, die Arbeit gefördert. Neben der Erschliessung neuester Fachliteratur verdanken ihm der Verfasser und die Redaktion eine wirksame Hilfe durch den Arbeitskreis "Topographisch-morphologische Kartenproben", die die Herausgabe des vorliegenden Heftes sehr erleichtert hat. Die Benützung von Original-Kartierungen aus dem Bundesvermessungsdienst hat Herr Hofrat Ing. K. Neumaier, Leiter der Österreichischen Landesaufnahme, in dankenswerter Weise gestattet. Eine angenehme Pflicht ist es mir, der Redaktion der Österreichischen Zeitschrift für Vermessungswesen in Wien, insbesondere Herrn Präsident Dipl. Ing. K. Lego und Herrn Prof. Dr. H. Rohrer, für die Bewältigung so mancher Schwierigkeiten und vor allem für die Beschaffung der Mittel für den Druck verbindlichst zu danken. Die komplizierte Reproduktion stand unter der sachkundigen Leitung des Herrn Dipl. Ing. M. Schenk im Bundesamt f. Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien.

L. Brandstätter

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. Aufgabe und Weg	1 - 3
B. Geometrischer Teil	4 - 46
I. Das Schichtliniensystem und zwei Forderungen	4 - 8
a) Vertikale Folge der Schichtlinien	4
b) Genauigkeit der Schichtlinien	6
II. Der exakte Schichtlinienplan - eine technische und eine morphologische Frage.....	9 -20
a) Die schwankende Genauigkeit photogrammetrischer Schichtlinienkartierungen	9
b) Allgemeindefinition der exakten Schichtlinien	14
c) Ergänzende Aufnahmeverfahren	16
III. Die Scharung	21-28
a) Scharung, Scharwirkung, Scharungsgrenzen.....	21
b) Das Scharungsdiagramm	24
IV. Ueberlegungen zur Äquidistanz. - Der landschaftsgebundene Schichtlinienplan	29-42
a) Hochgebirge	29
b) Hohes Mittelgebirge, Bergland	33
c) Hügelland	34
d) Eingeschnittenes Rumpfbirge, Terrassenlandschaft	36
e) Flachland	36
f) Zusammenfassende Folgerungen	40
V. Flachraum und Steilraum	43-46
a) Der Flachraum	43
b) Der Steilraum	43
c) Die erweiterte Scharung	46
C. Darstellender Teil	47-79
I. Geländekanten - der Kernpunkt der Darstellungsfrage	47-50
a) Begriffsklärungen	47
b) Das topographische Versagen der Schichtlinien	48
c) Geländekanten, Kantenzeichnung	49
II. Scharfkantige Formen. - Kantenlinien, Wurzelpunkt	51-55

III. Stumpfkantige Formen. - Die Topographie des Vegetationsgeländes	56-72
a) Geometrische und kartographische Voraussetzungen	56
b) Beispiele	57
c) Das Wesen der Kantenzzeichnung. - Die Bedeutung der Kantenzzeichnung für die Topographie des Vegetationsgeländes.....	70
IV. Knittrige Zerkantung	73-76
a) Die Masstabsschwelle	73
b) Das topographische Skelett der Felslandschaft	74
c) Die Felskantenzzeichnung	75
d) Gletscher	76
V. Die Gefügezeichnung	77-78
VI. Die morphologische Schummerung	79
D. Abschliessende Betrachtungen	80-92
I. Das realistische Darstellungssystem ; Reliefigenauigkeit	80
II. Vergleiche	81-82
III. Kritische Umschau in der Hochgebirgsdarstellung	83-86
IV. Geländegeneralisierung	87-88
V. Rangordnung des Karteninhaltes, Farbgebung.....	89-90
VI. Zusammenfassung und Ausblick	91-92
Benützte Literatur	93

50 Abbildungen

Von den Geländebeispielen sind:

15 Auszüge aus bestehenden Karten,

4 Bearbeitungen auf gegebener Schichtlinienunterlage und

12 Bearbeitungen aus der topographischen Praxis des Verfassers.

2 Kartenbeilagen vom Verfasser.

A. AUFGABE und WEG

Die neuen Geländeaufnahmemethoden sowie die junge Wissenschaft der Geomorphologie und die Fortschritte in der Reproduktionstechnik erlauben eine viel realistischere Darstellungsweise des Geländes als sie zur Zeit in führenden amtlichen und privaten topographischen Kartenwerken angewandt wird.

Allgemein soll die Geländekartographie zwei Anforderungen entsprechen:

- 1.) sie soll das Relief bildlich veranschaulichen;
- 2.) sie soll das Relief geometrisch erläutern.

Je nach dem Zweck und dem Masstab der Karte wird auf bildliche Wirkung und auf geometrische Erläuterung verschiedenes Gewicht gelegt. Geländedarstellungen in kleineren Kartenmasstäben bedürfen fraglos mehr der bildlichen Veranschaulichung als solche in grossen Kartenmasstäben, wo die geometrische Erläuterung vordringlich ist. Es ist aber kaum jemals möglich, den einen oder den anderen Gesichtspunkt völlig ausser Acht zu lassen.

Dank der stereophotogrammetrischen Methoden fällt es in topographischen Karten heutzutage leichter, das Gelände geometrisch festzulegen, als bildlich zu veranschaulichen. Mit Einschränkungen ist man bekanntlich in der Lage, auf optisch-mechanischem Wege von jedem beliebigen Gelände exakte und genügend viele Linien konstanter Meereshöhen zu kartieren. Werden diese Linien in stets gleichem Höhenabstand durchs Gelände geführt, so sprechen wir von Schichtlinien. Infolge der leichten Herstellbarkeit und der hervorragenden geometrischen Eigenschaften haben sich Schichtlinien in topographischen Karten und Plänen als Mittel zur Geländedarstellung allgemein durchgesetzt.

Der Anschauungswert des exakten Schichtlinienplanes wechselt mit dem Geländecharakter: Schichtlinien von regelmässig geformten Geländeteilen wirken plastisch und gestatten ohne besondere Denkarbeit das Uebersetzen des Kartenbildes in die Natur (Geländeidentifizierung). Mit zunehmender Gelände knitterung begegnet die Deutung der Schichtlinien immer grösseren Schwierigkeiten. Die Wiedergabe morphologisch verwickelten Geländes in Schichtlinien wirkt bildlich beziehungslos und naturfremd (Abb. 1): Die geometrisch fast absolut richtigen Hinweise auf die wirkliche Geländebeschaffenheit lassen diese selbst doch nicht erkennen. Von einer allgemein befriedigenden, naturnahen Darstellung des Geländes durch exakte Schichtlinien allein kann keine Rede sein.

Die Möglichkeit, exakte Schichtlinien auf optisch-mechanischem Wege zu gewinnen, ist zweifellos eine der bedeutendsten geodätischen Errungenschaften der neueren Zeit. Sie schafft für die fortschrittliche Topographie und Originalkartographie (jene Kartographie, die Geländeaufnahmen zu Karten verarbeitet) eine neue Lage, indem sie verpflichtet, Schichtlinien als gemessene Linien zu respektieren, d.h. genau und deutlich zu reproduzie-

ren. Systematische veranschaulichende Zeichnungen sind notwendig; sie dürfen aber die objektiven, exakten Schichtlinien nicht missachten, verfälschen oder erdrücken. Damit steht die heutige Topographie vor der wichtigen Aufgabe, ein eingeschränktes, den exakten Schichtlinien zugeordnetes und (ebenfalls!) objektives Zeichnungssystem zu finden, das die zur raschen Geländeidentifizierung notwendigen bildlichen Beziehungen herstellt.

Die Bemühungen um eine den modernen Anforderungen genügende Darstellungsweise drehen sich einseitig fast nur um die Wiedergabe des vegetationslosen Felsgeländes im Masstab 1:25.000. Dem Verfasser erscheint es dringlich, die Darstellungsfrage auf einer allgemeinen Basis zu diskutieren, denn: nicht irgend ein Vegetationszustand des Geländes kann primär dafür massgebend sein, dass eine erläuternde topographische Zeichnung anzubringen ist, als vielmehr der Grad der vorhandenen Oberflächenknitterung im Verhältnis zur Grösse der Darstellungsfläche. Jede böschungsfähige Oberflächentype (Vegetationsgelände, Fels, Sand u. a.) kann so geknittert sein, dass ihr exaktes Schichtlinienbild - gleich in welchem Masstab - darstellerisch versagt. Der Brauch, die Felsknitterung allein einer besonderen topographischen Zeichnung für würdig zu halten, hemmt die Entwicklung einer homogenen Darstellungsweise nach objektiven Grundsätzen und ist eine Voreingenommenheit, die zwar altgewohnten Kartenbildern entspringt, für die es aber heute keine ausreichende Begründung mehr gibt.

Durch zwei Massnahmen, die in vorliegender Arbeit näher begründet und ausgeführt werden, können wir den Anschauungswert der exakten Schichtlinien stufenweise heben:

Massnahme 1). Wir bemessen den vertikalen Abstand der Schichtlinien - die Äquidistanz - dermassen, dass mit geringstem Linienaufwand über möglichst grosse Kartierungsflächen "formverwandte Linienscharen" (Imhof) entstehen. - Um die Schichtlinienscharung beurteilen zu können, muss zunächst die Definition der "exakten" Einzellinie feststehen. Es kommt nur eine Deutung in Frage, die in der Praxis eingehalten werden kann. Die morphologische Betrachtungsweise hilft über die letzten messtechnischen Unvollkommenheiten hinweg und führt zu einer sicheren kritischen Bewertung der kleinsten Schichtlinienausschläge. Von der Feinbewegung der Einzellinie hängt für das Scharungsbild viel ab. Die Formverwandtschaft der Schichtlinien als die Ursache ihrer Anschaulichkeit kommt in der exakten Darstellung nur da zustande, wo die böschungsmässigen und die morphologischen Voraussetzungen vorhanden sind. Zwischen Böschung und Scharung besteht der einfache Zusammenhang "je steiler, desto dichter". Die Bildwirkung der Scharung - wir nennen sie kurz die Scharwirkung - kann im Mangel oder im Ueberfluss an Linien verloren gehen. Aus der reinen Anschauung lesen wir die böschungsbedingten Grenzen der Scharwirkung heraus und sind damit in der Lage, die Beziehungen zwischen Masstab, Äquidistanz, Böschung und Scharung in übersichtlichen Scharungsdiagrammen aufzuzeigen. Ihr praktischer Wert besteht darin, dass sie für jede beliebige Äquidistanz den Böschungsbereich angeben, in dem eine Scharwirkung überhaupt entstehen kann. (Die masstabsfähige Kleingliederung vermag die Scharwirkung in allen Böschungsgraden zu stören oder aufzuheben). Die Aufgabe, für ein in einem bestimmten Masstab darzustellendes Gebiet die Äquidistanz mit der Wirkung möglichst formverwandter Schichtlinien bei geringstem Linienaufwand zu

finden, ist mittels des Scharungsdiagrammes und mit Berücksichtigung des morphologischen Geländecharakters lösbar. Der resultierendelandschaftsgebundene Schichtlinienplan vereinigt in sich die verhältnismässig beste geometrische und bildliche Aussage.

Massnahme 2). Wir statten den landschaftsgebundenen Schichtlinienplan da, und nur da, wo er bildlich versagt, mit einem erläuternden Zeichnungssystem aus, das keine selbständige Darstellungsabsicht verfolgt. Wieder bedienen wir uns zunächst der Anschauung und stellen die morphologisch bedingten Grenzen der Scharwirkung fest. Als topographische Darstellung versagen die Schichtlinien an Formen, die zu scharfen Linienwendungen und zu nicht formverwandten Linienbewegungen Anlass geben, weil hier der Linienverlauf unmotiviert erscheint. Eine Lösung verspricht der Gedanke, die unvermittelten Linienwendungen durch Darstellung der natürlichen Anlässe verständlich zu machen. Somit sind die fraglichen zusätzlichen Darstellungslinien an den Formenübergängen anzubringen. Eine morphologische Theorie gewinnt hier systematische Bedeutung: Lucerna gliedert das Gelände nach den Flächen verschiedenartiger morphologischer Bildungsprozesse und erkennt die Flächenverschneidungen - die "Kanten" - als die genetischen Linien der Oberflächengestalt. Diesen morphologischen Kantenbegriff machen wir uns zu eigen. Geländekanten sind demnach nicht unbedingt eckige, aber für die Topographie darstellungswichtige Formenübergänge. Das Kartieren der Kanten im Schichtlinienplan mittels einfacher Linien führt zum Zwischenstadium des topographischen Skelettes. Durch zeichnerisches Anpassen der Kantenlinien an die natürlichen Gegebenheiten gelangen wir zur Kantenzzeichnung. Sie ist enge mit den Schichtlinien verknüpft und ohne diese unverständlich. Mit der Kantenzzeichnung kann der entscheidende Schritt zur vollen bildlichen Nutzung der exakten Schichtlinien in der Kleinformdarstellung getan werden. Die Einheit /Schichtlinien + Kantenzzeichnung/, die nichts anderes sein soll, als ein topographisch erläuterter Schichtlinienplan, ermöglicht eine systematische naturnahe Darstellung aller masstabfähigen Geländeformen.

Restliche Fragen, wie die Darstellung des nicht masstabfähigen Oberflächengefüges und die Grossformdarstellung (d. i. die übersichtliche Gestaltung des groben Reliefs), können auf der Grundlage des topographisch erläuterten Schichtlinienplanes zwanglos beantwortet werden.

Wir befassen uns im "Geometrischen Teil" mit der Massnahme 1) und im "Darstellenden Teil" mit der Massnahme 2) sowie mit den restlichen Fragen. Es ist der Versuch unternommen, aus geometrisch-morphologischen Ueberlegungen ein voll entwickeltes topographisches Kartenbild abzuleiten und die charakteristischen Züge der Landschaft deutlich werden zu lassen.

B. GEOMETRISCHER TEIL

I. Das Schichtliniensystem und zwei Forderungen.

Die geometrische Darstellungsgrundlage geben die Schichtlinien¹⁾ – bekanntlich erdachte, in verschiedenen Höhen horizontal durch das Gelände geführte Linien, die in der Karte gemäss ihrer Summenwirkung die Geländehöhe und die Geländeform durchlaufend festhalten können. E. Imhof bezeichnet sie als das einzige kartographische Geländedarstellungselement, das die geometrische Form genau erfassen lässt²⁾.

Es gibt für diese Linien, die man allgemein Isohypsen nennt, viele Bezeichnungen: Schichtenlinien oder Schichten (Österreich); Höhenkurven, Niveaulinien (Schweiz); Höhenlinien (Deutschland); Höhenschichtlinien, Horizontalen u. a. m. In England sagt man contours (= waagrechte Umrisslinien), in Frankreich courbes de niveau oder einfach courbes, usw. Die vielen, auch dem Sinne nach etwas verschiedenen Bezeichnungen deuten auf das Schwankende des Begriffes. Ueber vertikale Folge und Genauigkeit bestehen abweichende Auffassungen bzw. Vorschriften.

Eine grundsätzliche Erörterung der darstellerischen Aufgabe verlangt Abklärung über Schichtlinienfolge -und genauigkeit.

a) Vertikale Folge der Schichtlinien.

Unter allen Möglichkeiten der vertikalen Anordnung von Isohypsen ergeben in der Regel die eigentlichen Schichtlinien, das sind Isohypsen in konstanter Schichthöhe oder äquidistante Isohypsen, das günstigste Gesamtbild.

Die bildliche Wirkung eines Schichtlinienplanes geht zurück auf die "formverwandte" Linienscharung, die einer streng eingehaltenen Äquidistanz entspringt und so als homogen geschartes Liniensystem das Prinzip "je steiler, desto dichter" befolgt. Bei kleiner Äquidistanz werden die seitlichen Linienabstände nahezu proportional den Cotangenten der jeweiligen Böschungswinkel. Wir empfangen kein Bild der Böschung an sich, sondern nur einen Eindruck vom Böschungswechsel, damit aber auch eine konkrete Vorstellung von der dritten Dimension, die in grösseren Zusammenhängen sogar meist frei von Kehrffekten bleibt.³⁾

Der Beweis, dass Schichtlinien die topographisch günstigste Form von Isohypsen darstellen, ist aus der Anschauung zu gewinnen. Es erbringen ihn alle Geländekarten, die Isohypsen als Hauptdarstellungsmittel gebrauchen.

1.) Systematisch ohne Äquidistanz sind die Höhenlinien der amtlichen topographischen

1) Bezeichnung nach R. Finsterwalder.

2) E. Imhof; Gelände und Karte S. 88; Eugen Rentsch-Verlag, Erlenbach-Zürich 1950.

3) W. Rabensteiner führt die plastische Wirkung der Schichtlinien auf Richtungsänderung zurück. Vgl.: Höhenlinien in der Karte 1:25.000; Ztschr. f. Verm. Wesen, Stuttgart 1951/3.

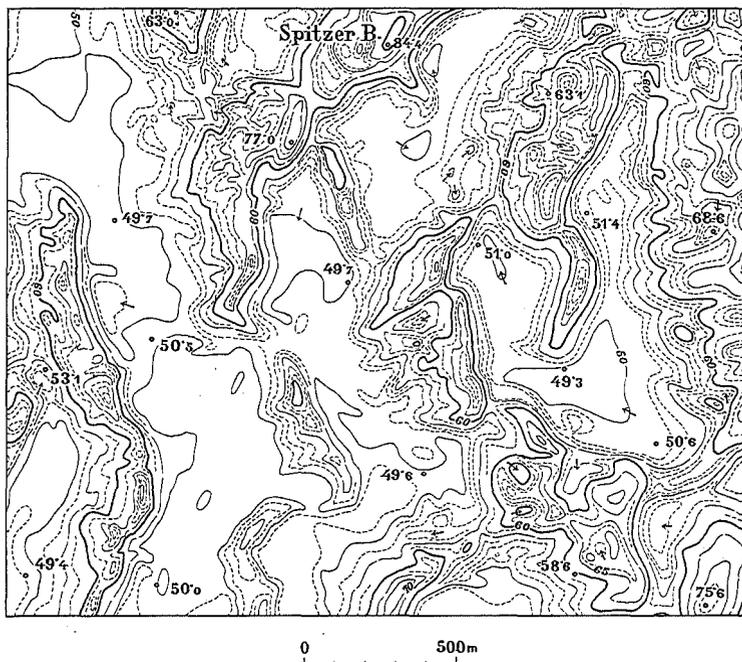


Abb. 2. Aus der topographischen Karte 1:25.000, Blatt 1779 (Gegend bei Schneidemühl), Reichsamt für Landesaufnahme, Berlin 1940. Pausauszug. Norddeutsches Höhenliniensystem: 20 m-Linien verstärkt, 10 m-Linien dünn voll, 5 m-Linien lang gestrichelt, 1,25 m-Linien kurz gestrichelt. Laut Vorschrift sind anzuwenden: An Böschungen über 20° nur die 20 m-Linien, zwischen 15° und 20° die 10 m-Linien, zwischen 4° und 5° die 2,5 m-Linien, unter 4° die 1,25 m-Linien. Außerdem sind die Hilfslinien bis zu 1,25 m Abstand an allen Verebnungsformen (Kuppen, Sättel, Mulden, Nasen) anzubringen. — Das Verfahren hat den Vorteil der guten geometrischen Definition flacher Formen, aber den für die Anschaulichkeit entscheidenden Nachteil, daß Böschungsdifferenzen und größere Formzusammenhänge verschwinden. Führt man sich erst die volle Karte mit der Situation und den vielen schwarzen Waldzeichen vor Augen, so bleibt von der gesamten Geländedarstellung ein unleserlicher Rest zurück. Die Kotierung (in der Abb. 2 vollinhaltlich wiedergegeben) ist fast ausschließlich Situationskotierung (Wegkreuzungen usw.), woraus sich die abseitige Lage der Höhenpunkte erklärt.

Karten Nord-Deutschlands. Mit der Böschungsminderung setzt eine vertikale Verdichtung der Isohypsen ein.⁴⁾ Die verschieden langen Striche der Einschaltlinien drücken die Höhenwerte der Zwischenstufen aus. Es entsteht in den meisten Fällen ein verwirrendes Geländebild (Abb. 2).

2.) Die Schichtenlinien (die Bezeichnung weist auf Anwendung mehrerer Schichthöhen hin) der amtlichen Österreichischen Karte 1:25.000 stehen begrifflich zwischen den "Höhenlinien" und den "Schichtlinien". Es liegt ein äquidistantes Grundsystem von 20m-Linien vor. Flachere Geländeteile werden aber mit "Hilfsschichten" so aufgefüllt, dass Böschungsunterschiede verschwinden⁵⁾. (vgl. Abb. 28).

3.) Die Höhenkurven der Landeskarten der Schweiz sind strenge Schichtlinien. Ebenso weisen auch die Karten des Alpenvereines strenge Schichtlinien auf. Aus diesen Kartentypen geht eine verlässliche Böschungsplastik hervor.

Der Wichtigkeit halber sei nochmals hervorgehoben, dass wir unter Schichtlinien vertikal gleichabständige Isohypsen verstehen wollen. Da der kartenbildliche Wert der Schichtlinien alle anderen Formen von Isohypsen überragt, erscheint es richtig, die Geländedarstellung möglichst auf reinen Schichtlinien aufzubauen (Forderung 1).

b) Genauigkeit der Schichtlinien.

Die stereophotogrammetrischen Aufnahme- und Auswertemethoden gestatten die Kartierung nahezu objektiv richtiger Schichtlinien von namhaften Teilen der Erdoberfläche. R. Finsterwalder gibt z. B. die erreichbare Schichtliniengenauigkeit für die terrestrische Photogrammetrie mit 0,2mm (im Kartierungsmaßstab) an und nennt diese Schichtlinien, die also innerhalb der kartographischen Zeichengenauigkeit richtig sind, exakte Schichtlinien⁶⁾. Die gleiche Genauigkeitsstufe gilt auch für Schichtlinien aus Luftbildauswertungen an Präzisionsgeräten (siehe Fussnote 10).

Obwohl die Genauigkeit der photogrammetrisch kartierten Schichtlinien infolge verschiedener Einflüsse schwankt, sind die exakten Schichtlinien doch schon ein Begriff geworden. Die angeführte Deutung übernehmen wir zunächst mit Vorbehalt.

Exakte Schichtlinien ergeben als eingemessene Linien in der Regel einen unruhigen Geländegrundriss, weil sie im Gegensatz zu den nach gemessenen Einzelpunkten konventionell interpolierten Schichtlinien auf jedem maßstäblich noch ausdrückbare Geländekleinstform reagieren. Die unmittelbare geometrische Beziehung der Linien zum Gelände weist auf die morphologische Eigenart hin und bringt Unterschiede im Geländecharakter stark zur Geltung. Infolge der gesteigerten Individualität der Einzellinie ist das Entstehen einer bildlich wirksamen Scharung gegenüber dem interpolierten Schichtlinienplan eingeschränkt oder überhaupt gestört.

4) Siehe Musterblätter für die Topographische Karte 1:25.000 und für die Deutsche Grundkarte 1:5000; Reichsamt für Landesaufnahme, Berlin 1939. - Die Geländedarstellung in der Deutschen Grundkarte 1:5000 soll nach Vorschlägen von V. Heissler abgeändert werden. Es wird für ein Kartenblatt eine einheitliche Äquidistanz vorgesehen (1m oder 2m). Vgl. V. Heissler: Möglichkeiten und Vorschläge für die Verwendung und Weiterentwicklung der Deutschen Grundkarte 1:5000; Niedersächsisches Landesvermessungsamt Hannover 1949.

5) Siehe Zeichenschlüssel der Österreichischen Karte 1:25.000 (Provisorische Ausgabe), Bundesvermessungsdienst, Wien 1950.

6) R. Finsterwalder: Grenzen und Möglichkeiten der terrestrischen Photogrammetrie; Allg. Verm. Nachr., Berlin 1930.

Die besondere Stärke der photogrammetrischen Methoden liegt in der schnellen und genauen Erfassung kahlen und schwierigen Geländes. Das damit verbundene Neue für die Originalkartographie hat R. Finsterwalder in der Schrift "Die Bedeutung der neuen photogrammetrischen Methoden für das Vermessungswesen", AVN 1934, ausführlich behandelt.

Topographie und Originalkartographie haben es bisher nicht verstanden, exakte Schichtlinien in eine allgemein verständliche Darstellung zu kleiden, weil sie die Darstellung im wesentlichen mit Mitteln der Vergangenheit versuchen⁷⁾. Zumeist werden Schichtlinien in ihrer exakten Form gemieden.

Bewerten wir die exakten Schichtlinien nach dem geodätischen Gehalt mit Klasse 1 und die konventionell nach Messungspunkten interpolierten Schichtlinien mit Klasse 3, so entsprechen dem geodätischen Mittelding, der Klasse 2 (Abb. 3), folgende Schichtlinien:

- a) Exakt kartierte Schichtlinien, die so rückgeglättet werden, dass sie sich in der Linienführung von den Schichtlinien der Klasse 3 kaum unterscheiden;
- b) Schichtlinien aus einem Präzisionsgerät, die infolge Sichtbehinderung nur in Vermutung kartiert werden (Waldgebiet, Schatten usw.)
- c) terrestrische Auswertungen aus grosser Entfernung;
- d) Auswertungen an Geräten zweiter Ordnung (Multiplex u. a.).

Die meisten amtlichen Kartenwerke, soweit sie auf photogrammetrischen Kartierungen fussen, bevorzugen Schichtlinien der Klasse 2. Darunter nehmen die neuen Österreichischen Karten 1:25.000 und 1:50.000 eine besondere Stellung ein, weil sie im Gegensatz zu anderen Kartenwerken gleicher Ordnung die Schichtlinien auch im schwierigen Gelände beibehalten.

Zu Schichtlinien der Klasse 2 ist zu bemerken:

- 1.) Man gibt eine erreichbare oder gar schon erreichte Genauigkeitsstufe ohne Zwang preis
- 2.) Die Unterdrückung masstabsfähiger Formdifferenzen verhindert auf jeden Fall die Darstellung der wirklichen Geländebeschaffenheit.
- 3.) Die Darstellungsfrage wird durch die künstlich herbeigeführte Formverwandtschaft der Schichtlinien verschleiert.

Es ist leicht einzusehen, dass ganz besonders in der Darstellung wilder Geländeformen, wenn überhaupt Schichtlinien, so nur exakte Schichtlinien topographisch etwas zu sagen haben. Andernfalls wirkt eine nicht streng geometrisch gebundene topographische Zeichnung ohne Schichtlinien realistischer⁸⁾. E. Imhof ist der Ansicht, dass in Masstäben 1:50.000 und kleiner die freie topographische Zeichnung an "Knitterflächen" geometrisch ebensoviel aussagt, wie die exakten Schichtlinien⁹⁾. (Qualität vorausgesetzt, ist die bildliche Ueberlegenheit einer solchen Zeichnung unbestritten).

Indessen erfordern wirtschaftlich wichtige Planungen genaue Schichtlinienkarten in

7) L. Brandstätter: Die Frage der Schichtlinienkarte; Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft, Wien 1949.

8) Vgl. die Darstellung der Freiwand auf der Öst. Karte 1:25.000, Abb. 3, mit der Darstellung auf der Karte der Glocknergruppe des Alpenvereins 1928, topographische Zeichnung von H. Rohn.

9) E. Imhof: Die Felsdarstellung auf Grund photogrammetrischer Aufnahmen; Comptes Rendus du Congrès international de Géographie, Amsterdam 1938.

immer grösseren Masstäben. Und die brennenden Fragen der Darstellung betreffen nicht so sehr das kahle Gestein des Hochgebirges (hier sind sie nur am augenfälligsten), sondern Räume, die durchaus zum Lebensgebiet der Menschen gehören. Im Sinne der heutigen Erfordernisse und messtechnischen Möglichkeiten ist es notwendig, exakte Schichtlinien allgemein anzustreben und das Darstellungssystem vollends auf die exakten Schichtlinien abzustimmen (Forderung 2)

Beide Forderungen, die mit der knappen Formel "exakte Schichtlinien" umrissen sind, ziehen eine Reihe von Fragen nach sich.

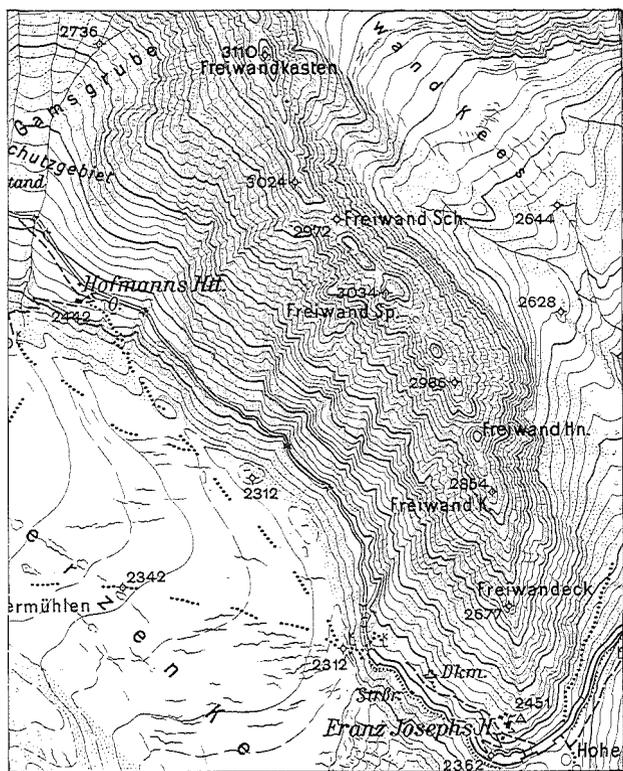


Abb. 3. Aus der Österreichischen Karte 1:25.000, Blatt 153/4 (Winkl Heiligenblut), Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien, 1928. — Der die Pasterze im Osten begleitende Freiwandgrat ist ein für die Seitenkämme der Zentralalpen typischer „Sägegrat“. Die nach Süden einfallenden Gesteinsschichten erzeugen scharfkantige, gegen Norden weisende Gratköpfe und Seitenrippen. Jeder Besucher des Pasterzen-Promenadeweges kann sich davon überzeugen. Die Schichtlinien der amtlichen Karte beschreiben indessen runde Kuppen und Sättel auf der Grathöhe und fast normale Rücken und Gräben in den Flanken. Die Formen sind sehr entstellt wiedergegeben. Die Felszeichnung kann im Rahmen dieser unnatürlichen Schichtlinien nur den Rang einer Flächensignatur einnehmen.

II. Der exakte Schichtlinienplan - eine technische und eine morphologische Frage

a) Die schwankende Genauigkeit photogrammetrischer Schichtlinienkartierungen.

Zur Behandlung darstellerischer Fragen ist die *Formtreue* der Schichtlinien von wesentlicherer Bedeutung als ihre absolute Höhengenaugkeit. Aus der Schichtlinienform empfangen wir das Bild, bzw. bauen wir es auf. Die Form ist auch in der Natur ohne Messung beschränkt kontrollierbar und gibt Orientierungshinweise im kleinsten. Leider dürfen wir die exakte Form aus einer z. B. 100%igen Luftbildkartierung nicht auch ohne weiters als 100%ig gegeben ansehen.

Die *Formtreue* photogrammetrisch kartierter Schichtlinien schwankt bei normal herbeigeführten Auswertebedingungen (günstiges Basisverhältnis, einwandfreie Modelleinpassung, klare Bilder usw.) infolge geometrischer und maschineller Hemmnisse und infolge wechselnder Bodensicht.

1.) Geometrisch hängt die Formsicherheit ab von der Geländeböschung und vom Auftreffwinkel der Sehstrahlen. Im Kartierungsvorgang wird bekanntlich der Schichtlinienverlauf mit der höhenmässig fixierten, dem Modellgelände aufgesetzten und entlanggeführten Marke festgestellt. Die Form lässt sich umso sicherer erfassen, je deutlicher das Gelände geböschet ist und je frontaler es gesehen werden kann. Grössere Unsicherheiten verursachen wenig geböschtes Gelände (schleifender Schnitt mit der Horizontalebene!) und tangierend eingesehene Modellteile (flankierende Auswertung). In der Erdbildmessung, wo von einer Standlinie recht viel erfasst werden soll, sind letztere Fälle recht häufig, in der Luftbildmessung nur an sehr steilen Bergflanken gegeben. Die Formunsicherheit zufolge geringer Geländeböschung macht sich bei beiden Auswertarten von etwa 15° abwärts in zunehmendem Masse bemerkbar.

2.) Maschinelle Hemmnisse liegen im Uebertragungsmechanismus des Gerätes an sich und in der persönlichen Gerätbedienung des Auswerters. Keine Auswertung bleibt ganz frei von Fehlern, die aus der maschinellen Uebertragung hervorgehen. In der bereits angeführten Schrift "Die Bedeutung..." spricht R. Finsterwalder im Absatz "Genauigkeit der Schichtlinien" von einer differentiellen Richtungsunsicherheit, die zwar klein ist, aber die Lage zweier benachbarter Punkte merkbar verzeichnen kann. Ihre Hauptkomponente weist in die Bildtiefe, d. h., wir dürfen an terrestrisch hergestellten Schichtlinienplänen bedeutendere Formverzeichnungen erwarten wie an solchen aus Luftbildern gewonnenen¹⁰⁾.

3.) Die weitaus grösste und nicht abzusehende Unsicherheit in der photogrammetrischen Schichtlinienkartierung verursacht die wechselnde Bodensicht. Vegetation, Bildschatten

¹⁰⁾ Auch höhenmässig stellt R. Finsterwalder in einem neuesten Vergleich zwischen Erd- und Luftbildmessung am Beispiel Kroken, Norwegen, eine kleine Ueberlegenheit der Luftphotogrammetrie fest. - R. Finsterwalder: Erd- und Luftbildmessung im Gebirge; AVN., Berlin 1951/3.

und zeichnungslose Flächen (Firn, Kurzgrasflächen, Sand) schränken das Erkennen der wahren Geländeform u. U. derart ein, dass eine annähernd genaue Kartierung unmöglich wird. (Lücken offen zu lassen, liebt der Auswerter nicht und so verschwinden mitunter ganz grobe Formen, weil sie der Wald oder der Bildschatten zudeckt). Wir müssen uns darüber im Klaren sein, dass gegenständlicher Mangel z. B. die exakte Erfassung des weitverbreiteten Nadelwald-Berglandes in Masstäben 1:25.000 und grösser ganz oder teilweise ausschliesst. (Abb. 4).

Die Punkte 1) und 2) sind in Zahlen fassbar und haben für die photogrammetrischen Schichtlinien Höhengenaugigkeitsformeln gezeitigt. Der Punkt 3) entzieht sich der zahlenmässigen Spekulation.

Für die richtige geometrische Bewertung der Schichtlinien ist es nützlich, die photogrammetrische Formtreue empirisch darzustellen. Wir stützen uns zu diesem Zwecke auf die Höhengenaugigkeitsformeln.

Bei normalen Auswertebedingungen und Gelände mit vorwiegender Bodensicht beträgt der mittlere Höhenfehler \pm (in Metern) von Schichtlinienkartierungen an Präzisionsgeräten mit Berücksichtigung der differentiellen Unsicherheit:

Art	Formel nach	1 : 25.000	1 : 10.000	1 : 5000
Luftbild	Schwidefsky ¹¹⁾	$1,5 + 6,3 \operatorname{tg}\alpha$	$0,90 + 3,00 \operatorname{tg}\alpha$	$0,40 + 1,80 \operatorname{tg}\alpha$
—"	Finsterwalder ¹²⁾	$1,2 + 5,6 \operatorname{tg}\alpha$	$0,75 + 2,38 \operatorname{tg}\alpha$	$0,45 + 1,22 \operatorname{tg}\alpha$
Erbild	Schweiz	--	--	$0,40 + 1,22 \operatorname{tg}\alpha$

zum Vergleich:

Tachymetrie	amtliche Formel in Deutschland (mittlerer Fehler)	$0,5 + 5 \operatorname{tg}\alpha$	--	$0,4 + 5 \operatorname{tg}\alpha$
für offenes und flaches Gelände				

Die Fehler sind in der Form der Kopp e'schen Formel $\pm m_h = a + b \operatorname{tg}\alpha$ angegeben, wobei a = mittlerer Höhenfehler, b = mittlerer Lagefehler + Zeichengenaugigkeit (= 0,2mm mal Masstabszahl,) α = Böschungswinkel.

Der Höhenfehler nimmt mit wachsender Böschung zu. Deuten wir den Höhenfehler $\pm m_h$ in die Lage um (Abb. 5), so entsteht beidseitig dem wahren Schichtlinienverlauf S ein Saum von der Breite $\pm m_1 = \frac{m_h}{\operatorname{tg}\alpha}$, der an jeder Stelle die gezeichnete Schichtlinie enthalten kann, ohne dass sie mit der Höhenfehlerduldung in Widerspruch gerät. (Räumlich kann die gezeichnete Schichtlinie jede Stelle im Rechteck ABCD einnehmen). Auf alle Werte der Höhenfehlerformel umgerechnet und graphisch dargestellt, erhalten wir die Kurve des Höhenfehlersaumes (Abb. 6, Kurve bb). Die Saumbreite schwillt bei abnehmender Neigung beschleunigt an.

11) K. Schwidefsky: Luft- und Erdbildmessung; Leipzig 1942.

12) R. Finsterwalder: Photogrammetrie; Berlin 1939.

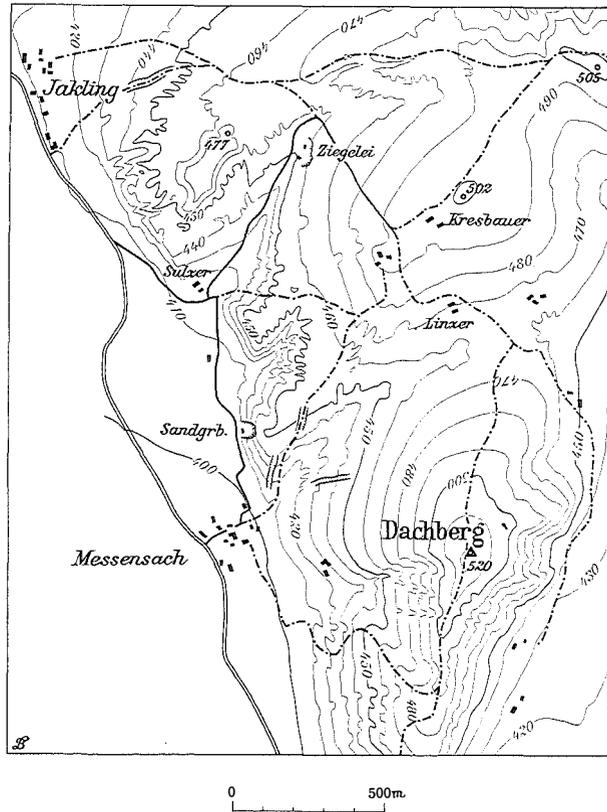


Abb. 4. Hügel im Unteren Lavanttal 1:25.000, 10 m-Schichtlinien, Wald grün. — Am Bildpaar 315/316, Bildflug Unteres Lavanttal 1939, Bildmaßstab etwa 1:13.000, sind zufolge Waldbedeckung weder der steilrandige, 15—20 m hohe Horst bei Kote 477 (sö. von Jakling) noch die tiefen Rinnen westlich des Dachberges in ihrer wahren Form zu erkennen. Von der übrigen Kleingliederung sind nur an Waldlichtungen für den Ortskundigen Spuren zu entdecken. Wo ruhige Formung vorherrscht, hat die Landwirtschaft das Gelände freigelegt.

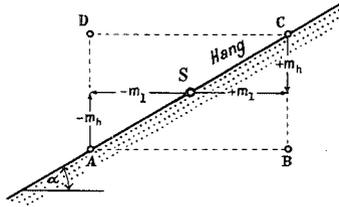


Abb. 5. Die Lagewirkung des mittleren Höhenfehlers.

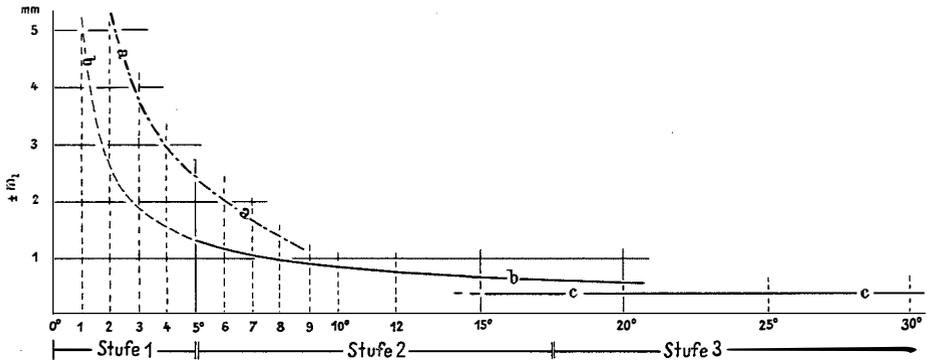


Abb. 6. Schema der Formunsicherheit photogrammetrisch kartierter Schichtlinien 1:5000 auf Grund der Höhenfehlerformel von K. Schwidefsky $\pm m_h = (0,4 + 1,8 \operatorname{tg} \alpha)$ Meter. Alle Werte \pm !

Aus der Kurve bb (Abb. 6) entnehmen wir:

Wenn die Schichtlinie bei $\left\{ \begin{array}{l} 15^{\circ} \\ 5^{\circ} \\ 1^{\circ} \end{array} \right\}$ Böschung entlang dem Hang um den vollen Betrag des Höhenfehlers gehoben oder gesenkt wird, so verschiebt sich ihre Lage auf der Karte 1:5000

um $\left\{ \begin{array}{l} 0,7 \\ 1,3 \\ 5,1 \end{array} \right\}$ mm.

Es entspricht nicht ganz der Erfahrung, wenn die Lagewerte aus dem Höhenfehler als Index für die Formsicherheit der Schichtlinien aufgefasst werden. Im steileren Gelände, wo der räumliche Schnitt zwischen Horizontalebene und Gelände an die Lagesicherheit der Situationslinien herankommt - von etwa 15° Böschung aufwärts -, kann die Schichtlinienform ohne Rücksicht auf die absolute Höhe innerhalb der Grösse b der Formel (mittlerer Lagefehler) als gesichert gelten. Im vorliegenden Beispiel beträgt die Sicherheit

$\pm b = \frac{1,80m}{5000} = 0,36mm$ (Abb. 6, Gerade cc); nach der Finsterwalder'schen Formel für 1:5000 $\pm b = \frac{1,22m}{5000} = 0,24mm$, welcher Wert der zitierten Definition der exakten Schichtlinie nahezu entspricht.

Im Böschungsbereich unter 15° ist die erreichbare Formtreue wesentlich geringer. Zwischen 15° und etwa 5° Böschung mag sie im vollen Höhenfehlersaum verbleiben. (Abb. 6, Kurve bb); unter etwa 5° Böschung lässt sich über die Formtreue nichts aussagen, weil ein zuverlässiges flüssiges Kartieren von Schichtlinien nicht mehr möglich ist und es schwierig wird, bei Messung von Einzelpunkten im Gelände (abseits von deutlich gezeichneten Situationspunkten) der Höhenfehlerformel überhaupt zu genügen. Um die verstärkte Unsicherheit zu veranschaulichen, ist in Abb. 6 die Kurve aa unter 5° Böschung in der doppelten Ordinate von der Kurve bb eingetragen.

Schematisiert verteilen sich die mittleren Formfehler auf drei Genauigkeitsstufen:

Stufe	Böschungsbereich	mittlerer Formfehler	Bemerkungen zur photogr. Schichtlinienkartierung
1	0° bis etwa 5°	fraglich, jedenfalls grösser als $\pm \frac{m_h}{tg \alpha}$	Höhenmessg. punktweise, Schichtlinien interpolieren
2	von etwa 5° bis etwa 15°	$\pm \frac{m_h}{tg \alpha}$ wahrscheinlich!	unsichere flüssige Kartierung
3	von etwa 15° bis zum oberen Böschungsex-trem	$\pm b$	sichere flüssige Kartierung

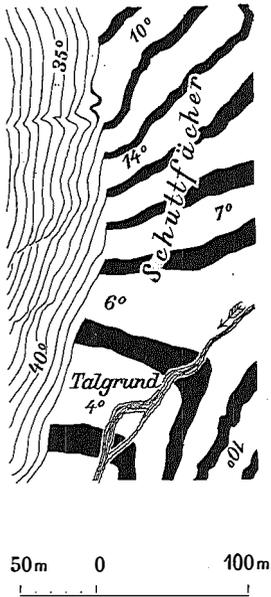


Abb. 7.
 Veranschaulichung der mittleren Formfehlersäume.
 Schichtlinien 1 : 5000, Äquidistanz 5 m,
 mittlerer Höhenfehler $\pm mh = (0,4 + 1,8 \text{ tg } \alpha)$ Meter.

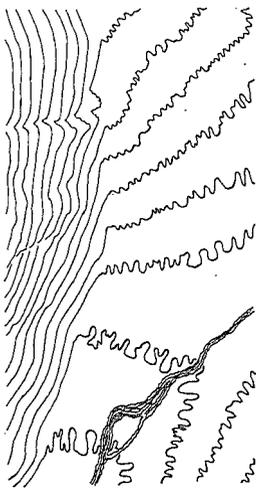


Abb. 7 a.

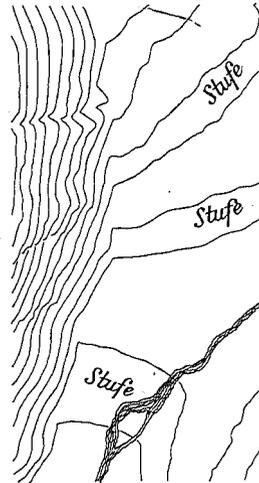


Abb. 7 b.

Extreme Schichtlinienführungen im Rahmen des mittleren Höhenfehlers.

Verdicken wir die theoretischen Schichtlinien auf die \pm Breite der mittleren Formfehlersäume (Abb. 7), so lässt sich jede beliebige feine Linie innerhalb der dicken Bänder als "richtige", d. h. im Einklang mit der Höhenfehlerduldung stehende Schichtlinie vertreten¹³⁾. Extreme Linienführungen solcher Art sind in Abb. 7a und Abb. 7b ersichtlich. Der Fall beweist, dass im flachen Gelände auch ein kleiner mittlerer Höhenfehler die charakteristische Schichtlinienform noch nicht gewährleistet. Daraus geht hervor:

Schichtlinien sind in den verschiedenen Böschungsstufen Elemente verschiedenen geometrischen Ranges. Wäre es möglich, auch von flachsten Geländeteilen exakt geometrische Schichtlinien zu konstruieren, so fielen den Feinheiten dieser "Seismographenkurven" kein besonderer darstellerischer Wert zu, weil die Schichtlinienausschläge im Böschungsraum gegen 0° einem beschleunigten räumlichen Bedeutungsschwund unterliegen¹⁴⁾. Der Bereich der photogrammetrischen Schichtlinienexaktheit im Sinne der Definition R. Finsterwalders liegt oberhalb 15° Böschung. Im flacheren Böschungsbereich müssen für das Merkmal "exakt" zusätzliche Gesichtspunkte gefunden werden.

b) Allgemeindefinition der exakten Schichtlinien.

Die Abb. 7a zeigt ein grundlegend anderes Scharungsbild wie die Abb. 7b. Es lassen sich innerhalb der Formfehlersäume auch bei strengeren Höhengenaugkeitsbedingungen beliebig viele, noch anders wirkende Scharungsbilder herstellen. Die für den gegenständlichen Schuttfächer typische Schichtliniengruppierung zu finden, ist aber keinesfalls schwierig, wenn der Schuttfächer als morphologische Formeinheit erkannt und dargestellt wird.

Im Steilgelände gibt es zufolge der geometrischen Sicherheit der photogrammetrischen Kartierung (Bodensicht vorausgesetzt) keinen Widerspruch zur morphologischen Form. Flacheres Gelände zwingt hingegen, die morphologischen Gesetzmässigkeiten zu beachten. Da hier aus der blossen Höhenfeststellung keine sichere Lagebestimmung hervorgeht, muss die richtige Lage und die charakteristische Form des Schichtlinienelementes zusätzlich auch aus dem Scharungsverband des jeweiligen Geländeelementes hergeleitet werden.

Morphologisch gesehen, besteht das Gelände aus einem räumlich-ursächlich aneinandergekoppelten Formenmosaik, in dem mehrere Bildungsgesetze nebeneinander wirksam sind¹⁵⁾. In den echten Schichtlinien einer Form drückt sich das Bildungsgesetz durch eine Scharungsbesonderheit aus, falls die Form die Höhe mehrerer Äquidistanzen erreicht. Das Bildungsgesetz wird also u. U. in der Schichtlinienscharung sichtbar und wir dürfen dann vom Scharungsgesetz einer Form sprechen. Genügen die Schichtlinien der erwarteten Höhengenaugkeit und fügen sie sich ausserdem dem örtlich waltenden Scharungsgesetz, so ist das Merkmal "exakt" fraglos gegeben.

13) Für die Uebersichtspläne der Schweiz 1:5000 und 1:10.000 ist der zulässige mittlere Lagefehler der "Horizontalkurven" an Böschungen mit über 5% ($\sim 3'$) durch die Formel $\pm m_1 = (3 + \cotg \alpha)$ Meter festgesetzt. Siehe: Fehlergrenzen für die Erstellung des Uebersichtsplanes bei Grundbuchvermessungen. - Diese Formel bringt für das Experiment der Abb. 7a ein ganz ähnliches Ergebnis.

14) Anm. d. Verf.: Man betrachte die Begrenzung der Wasserpfützen nach einem Regenguss auf "ebenen" Strassen!

15) Nach R. Lucerna; vgl. Absatz C. I. c.

Das Scharungsgesetz einer Form bedingt nicht auch in jedem Falle eine Formverwandtschaft der Schichtlinienelemente. Die Rutschung besteht z. B. aus konkaver Nische und konvexer Zunge, d. h., die Schichtlinien bewegen sich an der entscheidenden Stelle entgegengesetzt gekurvt. Es kommt auf das Formelement an, wie sich im einzelnen das Scharungsgesetz äussert. Ausgezeichnet lässt sich das Scharungsgesetz an den Beispielen studieren, die E. Imhof in "Gelände und Karte", S. 160 u. 161, bringt.

Damit sind aber erst jene Formen exakt eingeordnet, deren Bildungsgesetz sich in den Schichtlinien einer willkürlich festgesetzten Äquidistanz zufällig ausdrückt.

Theoretisch ist jedes masstabsfähige, vertikal entwickelte Formelement in Schichtlinien darstellbar, wenn die Äquidistanz so klein ist, dass mindestens drei Schichtlinien die Form schneiden. Diese spezifische Äquidistanz - maximal $1/4$ der Formhöhe - bringt also jene Mindestzahl von Schichtlinien hervor, die notwendig ist, um das Scharungsgesetz des Formelementes erkennen zu lassen. Wenn wir alle vorkommenden Formen charakteristisch geschart erscheinen lassen wollten, müsste die allgemeine Äquidistanz mit einem Viertel der Höhe der kleinsten masstabsfähigen Form bemessen werden. Eine so kleine Äquidistanz kommt praktisch nicht in Frage. Aber aus der Vorstellung eines dermassen gescharten Schichtlinienbildes folgt, dass eine exakte Schichtlinie keine Stelle durchlaufen kann, die nicht einem, wenn örtlich auch noch so beschränkten Scharungsgesetz gehorcht, gleichgültig, ob das Gesetz an den wirklich kartierten Nachbarlinien sichtbar wird oder nicht. Da wir die Äquidistanz zwar der charakteristischen Kleinform anpassen, dann aber nicht mehr ändern sollen, werden kleinstförmige Bildungen oft nur von einer einzigen Linie geschnitten. Der Gedanke an das Scharungsgesetz des Formelementes stellt diese einzige, zufällig schneidende Linie in sicherer Form auf den richtigen Platz, wengleich sie in Bezug auf die anderen kartierten Linien gesetzlos erscheint. (vgl. Abb. 11)

Wo die Verebnung die Scharung aufhebt, fällt die Aufgabe der Formdarstellung durch Schichtlinien weg und die Schichtlinien besitzen da nur den Wert von Höhenregistrierkurven. Ihre möglichste Vereinfachung ist ein Gebot der Klarheit. Die Höhenfehlerduldung lässt dies auch ohne weiteres zu.

Zur Allgemeindefinition der exakten Schichtlinien ist also die Verschmelzung von geometrischen und morphologischen Gesichtspunkten erforderlich und wir können sagen:

Exakte Schichtlinien sind solche Schichtlinien, die an jeder Stelle der geforderten Höhengenaugigkeit und dem morphologischen Scharungsgesetz entsprechen. Bei mehr als 15° Böschung erfüllt die mechanisch mögliche Schichtlinien-Feststellung bereits auch das Scharungsgesetz; bei weniger als 15° Böschung wahrt im Rahmen der Höhenfehlerduldung erst die systematisch betriebene Beobachtung des Scharungsgesetzes die notwendige Formtreue.

Die photogrammetrische Kartierung exakter Schichtlinien begegnet ausser den Sichtbehinderungen noch der Schwierigkeit, dass die richtige Erfassung flacherer Formen über das mechanisch Messbare hinausgeht und morphologisches Denken in die Markenführung hineinspielen muss.¹⁶⁾ Als die wunden Punkte durchschnittlicher Autographenpläne erweisen

16) Vgl. R. Finsterwalder: Die deutsche Originalkartographie, S. 19; Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin, 1943, Heft 5/6.

sich immer wieder die Uebergänge von steileren Formen in flachere und erst recht die Uebergänge zwischen Flachformen, sei es, weil die Uebergangsform nicht den Tatsachen gemäss erfasst ist, oder weil sie gar nicht als solche erkannt wird. Morphologische Schulung vermag das Auswertergebnis wesentlich zu bessern. Eine instruktive morphologische Formenlehre - das erste Werk dieser Art für Kartenherstellung - liegt von H. Müller vor¹⁷⁾. Es behandelt ausführlich das Entstehen der Einzelformen und die Vergesellschaftung der Formen in der "Landschaft". Ohne diese Formenkenntnis können die letzten Möglichkeiten, die heute die stereophotogrammetrischen Verfahren bieten, sehr zum Nachteil der Originalkartographie nicht ausgeschöpft werden.

Die messtechnischen Grenzen der terrestrischen Photogrammetrie (Abb. 8) sind im allgemeinen enger gezogen als die der Luftphotogrammetrie. Im Hochgebirge kann die Kombination beider Verfahren, wobei der Erdbildmessung die Erfassung der Steilwände obliegt, den Idealfall der 100%igen exakten Geländekartierung ergeben. Normalerweise, besonders in der Kartierung des Kulturlandes, bleiben aus den oben erwähnten Gründen empfindliche Messungslücken bestehen. Hier muss ein exaktes "Bodenverfahren" die Ergänzungen und Ueberprüfungen vornehmen.

c) Ergänzende Aufnahmeverfahren.

In Erwägung kommen die bekannten Verfahren der Zahlentachymetrie und der Messstichtachymetrie.

Die Zahlentachymetrie - für grosse Masstäbe heute allgemein in Gebrauch - sammelt in kurzer Zeit Mengen von Messungspunkten. Die Geländeskizzierung ist Nebenarbeit. (Wird sie peinlich ausgeführt, so ist der Vorteil der beschleunigten Feldarbeit hinfällig). Das masstäbliche Auftragen der Messungspunkte, die Höhenrechnung und das Ermitteln der Schichtlinien durch mathematische Interpolation nach Höhenpunkten ist Büroarbeit fern dem Aufnahmeort. Das Verfahren liefert exakte Ergebnisse nur an regelmässig entwickelten Geländeflächen und an ebenen oder fast ebenen Flächen, wo Formen wenig merkbar sind ("Flächennivellement"). Die Erfassung grösserer stark gekrümmter Flächen bereitet hingegen schon Schwierigkeiten - sie fallen geometrisch steif aus - und eine flüssige Darstellung intensiven Formenwechsels nahe der Masstabsgrenze ist mittels "Punktmathematik" einfach unmöglich. Die morphologische Charakterisierung der Formen, auf die es in der Ergänzung von Autographenplänen besonders ankommt, kann richtig nur im Verein von Messung und Zeichnung in unmittelbarer Naturanschauung gewonnen werden. Aus diesem Grunde ist hier die Zahlentachymetrie als zweitrangiges Geländeaufnahmeverfahren anzusehen.

Besser eignet sich die Messstichtachymetrie, wenn mit der erforderlichen Punktmessung und -auftragung an Ort und Stelle zumindest eine lagerichtige Geländeskizzierung in engständigen Formenlinien (=angenäherte Höhenlinien unbekannter Seehöhe) Hand

17) H. Müller: Deutschlands Erdoberflächenformen - Eine Morphologie für Kartenherstellung und Kartenlehre; Verl. Konrad Wittwer, Stuttgart 1941. Auf Darstellungsfragen wird nicht systematisch eingegangen, doch beklagt sich H. Müller mehrmals über den Mangel an topographischen Ausdrucksmitteln. Die zahlreichen Auszüge aus amtlichen Kartenwerken im Anhang des Werkes (mangels anderen Stoffes) wirken vom topographisch-morphologischen Standpunkt aus betrachtet zu meist wenig beispielhaft. Als Lehrbuch für Topographen besitzt das Werk richtungweisende Bedeutung. R. Finsterwalder bezeichnet es als "Markstein in der Entwicklung der Topographie", AVN 1943.

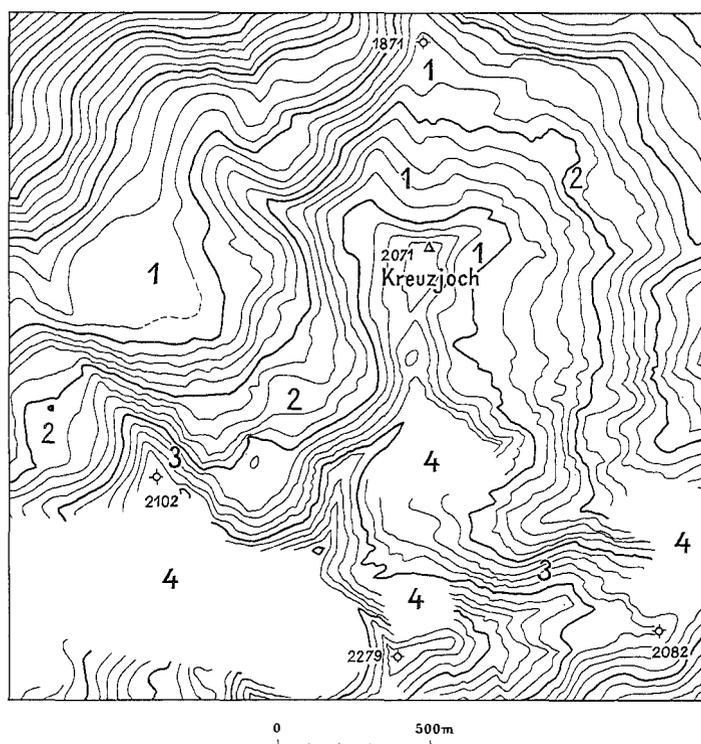


Abb. 8. Kreuzjoch 1:25.000, Kitzbüheler Alpen. Das Ergebnis der terrestrisch-photogrammetrischen Schichtlinienkartierung. Äquidistanz 20 m, 100 m-Zählkurven. — Das Flachgelände ist mangels der Möglichkeit, höher gelegene Standlinien zu beziehen, nicht (1) oder unzulänglich erfaßt (2); flankierende Auswertung (3); sichttote Räume (4); unter 1800 m Sichtbehinderung durch Nadelwald. - Mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien.

in Hand geht. In diesem Falle ergeben sich die in späterer Büroarbeit auszumittelnden Schichtlinien fast zwangsläufig aus den Höhenpunkten und aus der skizzierten Form. Seit neuestem können ohne Zeitverschwendung mittels der selbstreduzierenden Kippregel¹⁸⁾, die die Höhenrechnung sehr abkürzt, Schichtlinien im unmittelbaren Naturanblick interpoliert werden.

Die unter dem Natureindruck der skizzierten Form entworfenen oder unmittelbar in der Natur gezeichneten Schichtlinien des Messtischtopographen, die Messtisch - Schichtlinien, erreichen zwar nicht die Objektivität der photogrammetrisch gemessenen Schichtlinien, sie sind aber ungleich wirklichkeitsnäher als die konventionell interpolierten Schichtlinien aus der Zahlentachymetrie. Im morphologischen Unterscheidungsvermögen können Messtisch-Schichtlinien als einzige den echten photogrammetrischen Schichtlinien gleichkommen (Abb. 9). Zur exakten Aufnahme komplizierten und bedeckten Geländes ist unter allen Verfahren allein die Messtischtachymetrie befähigt.

Eine Spezialmethode für die exakte Erfassung von Felsklammen ist das Verfahren von K. Killian. Als Messinstrument dient ein mit Horizontal- und Vertikalkreis versehener Basisdistanzmesser, womit beliebige Punkte an unzugänglichen Felswänden gemessen werden können. Die Messungspunkte werden auch auf Stereophotographien protokolliert. Geländeskizzierungen erübrigen sich. Das Entwerfen der Schichtlinien im Büro geht unter dem unmittelbaren Natureindruck des Stereobildes vor sich¹⁹⁾.

Die wesentliche Anforderung, die an Ergänzungsverfahren gestellt werden muss, heisst: "masstäbliche Formenerfassung in unmittelbarer Naturanschauung" und bedingt (zumeist) graphische Tachymetrie, zeichnerische Befähigung und morphologische Formenkenntnis. Sie bedingt ferner auch intensive Bewegung des Aufnehmenden im Gelände und häufigen Standpunktwechsel.

Die oben zum Vergleich angeführten Höhenfehlerformeln für die tachymetrischen Aufnahmemethoden können an Messungspunkten leicht erfüllt werden. Für die Höhen Genauigkeit der interpolierten Schichtlinien sind sie Richtwerte; denn diese Genauigkeit hängt ab von der Punktdichte, vom Geländecharakter, von der Aufnahmemethode und -last not least - von der Geschicklichkeit des Aufnehmenden.

Zur Feststellung der zu erwartenden mittleren Formfehlersäume an Messtisch - Schichtlinien rechnen wir vorsichtshalber den ganzen mittleren Höhenfehler in Lage um. Aus der Tachymetrieformel für 1:5000, $\pm m_h = 0,4 + 5 \operatorname{tg} \alpha$, ergeben sich die in der Abb. 10 ersichtlichen mittleren Formfehler (Kurve "Tach."). Fügen wir dieser Kurve die Kurvenäste aus der Abb. 6 bei, so erhalten wir einen graphischen Hinweis auf die aus Böschungsgründen zweckmässige Kombination der photogrammetrischen und der tachymetrischen Geländeaufnahmemethode und zugleich eine Verdeutlichung der durchschnittlich erreichbaren Schichtlinienformtreue überhaupt. Wollen wir in der Höhe und in der Form "exakt" bleiben, so ist im Flachgelände unter 5° Böschung jedenfalls die Messtischta-

18) Die neue Messtischschrüstung RK der Firma Kern-Aarau eignet sich besonders für rasches und ergiebige Arbeiten im Gebirge.

19) Für Projektierungszwecke ist es wichtig, die Geländeidentifizierung durch Lichtbilder zu erleichtern, bzw. zu ermöglichen. Killian fasst die Lichtbilder als Bestandteil des Planes auf und kennzeichnet idente Punkte auf Plan und Lichtbild mit gleicher Nummer.

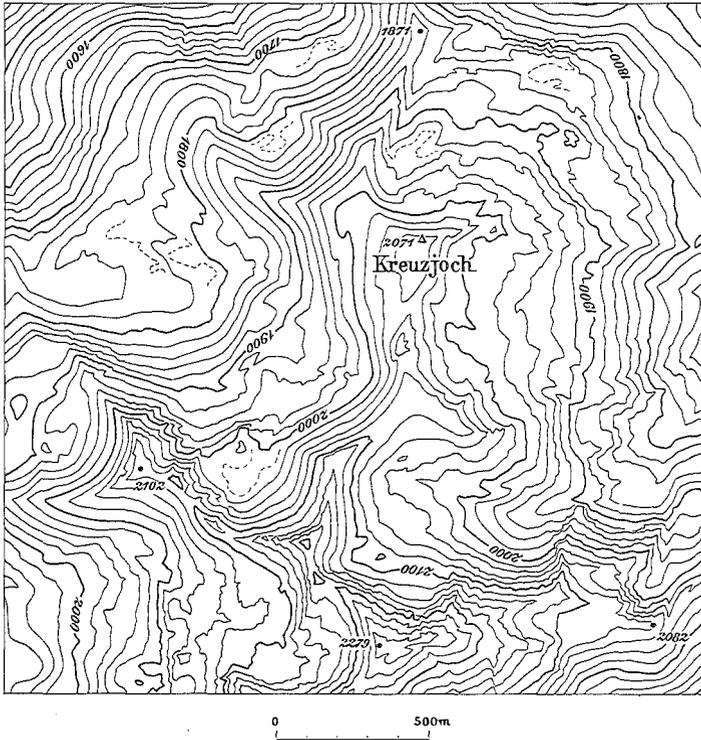


Abb. 9. Kreuzjoch 1:25.000 wie Abb. 8. 20 m-Linien am Meßtisch vervollständigt und verfeinert: geringfügige Aushilfen mit 10 m-Zwischenschichtlinien. — Mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landsaufnahme) in Wien.

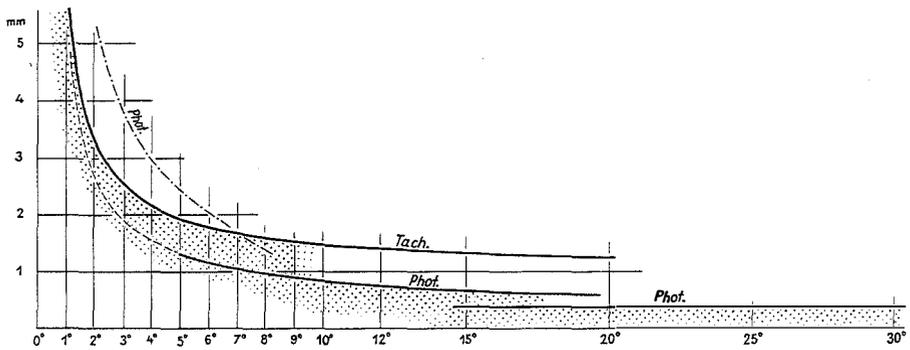


Abb. 10. Übersicht der mittleren Formfehlersäume an Schichtlinien 1:5000. Alle Werte \pm !

chymetrie erforderlich, selbst dann, wenn bei der photogrammetrischen Kartierung lückenlose Bodensicht gegeben war. Grundsätzlich gilt dies auch für die Aufnahmesastäbe 1:10.000 und 1:25.000.

Die Eigenart der photogrammetrischen Methoden bringt es mit sich, dass gerade das wertvolle Kulturland wegen seines reichlichen Pflanzenkleides der exakten optisch-mechanischen Kartierung am schwierigsten zugänglich ist. Die äquivalente Füllung der photogrammetrischen Messungslücken mittels eines geeigneten Bodenverfahrens berührt nicht allein technische Interessen, sondern ist schlechthin eine entscheidende Frage der Originalkartographie. Von der qualitativen Leistung des Zusatzverfahrens hängt es ab, ob eine allgemein exakte Darstellung auch des engeren menschlichen Lebensraumes möglich wird oder ob - welcher Widersinn! - exakte Darstellungen auf sterile Erdoberflächenformen beschränkt bleiben müssen. Die "Uebersichtspläne" der Schweiz 1:5000 und 1:10.000, die im Jahre 1951 bereits mit 53% der gesamten zu vermessenden Fläche aufgenommen waren²⁰⁾, beweisen, dass die richtig gehandhabte Messtischtachymetrie den hauptsächlichen Anforderungen genügen und auch als wirtschaftlich tragbares Zusatzverfahren gelten kann²¹⁾.

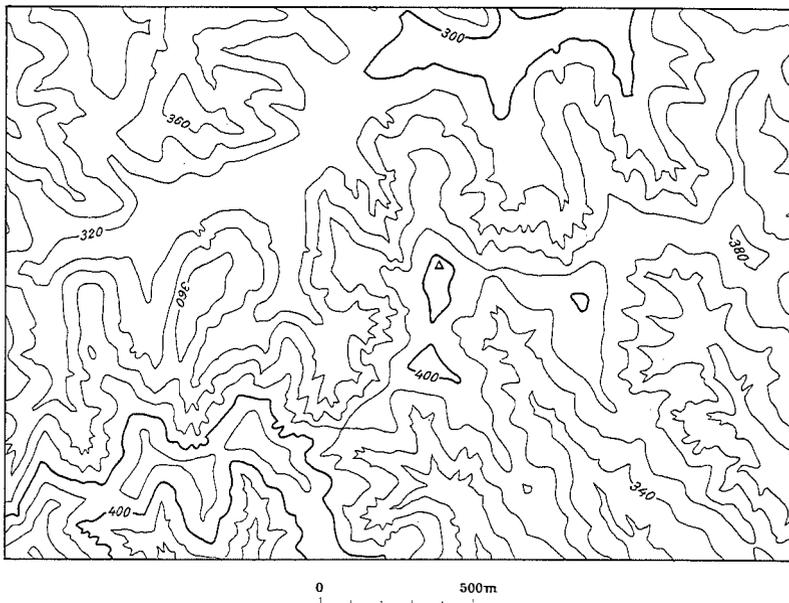


Abb. 11. Kleingegliedertes Hüggelland 1:25.000, Äquidistanz 20 m.

20) H. Härry: Neuordnung der Vervielfältigung des Uebersichtsplanes der Schweizerischen Grundbuchvermessung; Zeitschr. Vermessung und Kulturtechnik, 1951 Nr. 8.

21) Vgl. auch Beilage "Revier Weissenbach" 1:10.000. Die Karte wurde im privaten Auftrag unter festen Genauigkeitsbedingungen zur Gänze vom Verfasser gearbeitet, im topographischen Teil allein mittels Messtischtachymetrie. Die Luftbildkartierung kann zufolge dichter Nadelwaldbedeckung vielleicht 40% der dargestellten Fläche (einschliesslich der forstlichen Lichtungen) exakt erfassen.

III. Die Scharung

a) Scharung, Scharwirkung, Scharungsgrenzen.

Die homogene Schichtlinienscharung kann, aber muss nicht eine Scharwirkung ergeben. Abb. 11 zeigt ein geschartes Schichtlinienbild ohne Scharwirkung.

Scharung bedeutet zunächst nur eine Anzahl von Schichtlinien, die sich lockerer oder strenger um eine grössere Form gruppiert. Die Scharung vermittelt einen Begriff vom allgemeinen Relief, doch meist keine ausreichende örtliche Definition.

Als Scharwirkung wollen wir hingegen jenen günstigen Fall der Schichtlinienscharung ansprechen, da Schichtlinien an sich schon jede Stelle eindeutig geometrisch und bildlich definieren. An regelmässig ausgebildeten Geländeflächen kann die Scharwirkung mittels einer geeigneten Äquidistanz erreicht werden. Das Auseinanderhalten der Begriffe "Scharung" und "Scharwirkung" ist für die Darstellung wichtig.

Die Stärke der Scharwirkung hängt ab:

- 1.) von der Form der Schichtlinien,
- 2.) von der Dichte der Schichtlinien.

Wir finden im Schichtlinienplan Flächen mit überwiegender Linien-Formverwandtschaft (oder-Gleichsinnigkeit), die gekurvt und eckig sein kann, Flächen der gekurvt Linien-Gegensinnigkeit und Flächen des eckigen Linien-Widerspruches. Mit gleichsinnig-eckigem Linienverlauf oder mit überhandnehmender Linien-Gegensinnigkeit mindert sich die Scharwirkung und sie verschwindet ganz, wenn die Schichtlinien widersprechende Ecken beschreiben.

Die Form der exakten Schichtlinien muss als objektiver Hinweis auf die morphologische Geländebeschaffenheit grundsätzlich erhalten bleiben. Eine Änderung der Form findet nur statt bei Änderung des Masstabes (nur Verkleinerungen ergeben wieder exakte Darstellungen!), wobei die Form im einzelnen komplizierter oder auch einfacher ausfallen kann und der Einfluss der Masstabsänderung auf die Scharwirkung nicht immer genau abzuschätzen ist. Doch bleibt die Form in fast mathematischer Schärfe gegeben.

Die Liniendichte hingegen ergibt sich aus einer willkürlichen Annahme zu Beginn der Kartierung. Innerhalb gewisser Grenzen kann hiermit ein willkürlicher Einfluss auf die Scharwirkung genommen werden. Die photogrammetrische Auswertung erlaubt ohne Sonderaufwand bei der Aufnahme das Kartieren der Schichtlinien in jeder beliebigen Äquidistanz. Wir werden selbstverständlich trachten, die Äquidistanz so zu bemessen, dass eine bildlich günstige Liniendichte hervorgeht.

Von entscheidendem Einfluss für die bildliche Wirkung der Schichtlinien ist der seitliche Linienabstand. Es gibt für diesen Abstand keine gebräuchliche Bezeichnung. Wir sagen dazu Schichtweite und bedienen uns damit eines analogen Ausdruckes zu "Schichthöhe" (= Äquidistanz).

Bei fester Schichthöhe kann die Schichtweite alle Werte zwischen unendlich über Null bis zu kleinen Minusbeträgen (an Ueberhängen) annehmen. Erst ab einer verhältnismässig kleinen Schichtweite macht sich eine Linienscharung bemerkbar. Wir können die Scharung in Bezug auf die Schichtweite erklären als Linienhäufung mit fließend oder sprunghaft veränderlichen Schichtweiten. Der Sonderfall der Scharwirkung ist dann allein begrenzt auf die Linienhäufung mit fließend veränderlichen Schichtweiten. Diese Deutung besagt, dass eine Scharwirkung nur aus gekurvten Linien zu erwarten ist. Schichtlinien mit Scharwirkung sind zumeist formverwandt; aber formverwandte eckige Linien lassen die Scharwirkung bereits schwinden.

Grössen, die die Schichtweite bestimmen, sind: der Böschungswinkel, die Äquidistanz und der Masstab. Scharung und Scharwirkung, die auf der Veränderung der Schichtweiten beruhen, hängen ebenfalls von diesen Grössen ab.

Geringe Böschung verselbständigt die einzelnen Schichtlinien und hebt die Scharung auf. Es ist möglich, aus der reinen Anschauung des Schichtlinienplanes den Auflösungsraum der Scharung zu verfolgen und die äussersten Schichtweiten anzugeben. Mangeln an ein und demselben Plan zu verschiedenen Werten. Wir beachten den durchschnittlichen Wert, den wir als das Dehnmass der Scharung bezeichnen. Das Dehnmass gibt die Flachgrenze der Scharung an.

Immer unter der Voraussetzung exakter Schichtlinien bewegen sich die Dehnmasse erfahrungsgemäss in etwa folgenden Grössen:

Masstab	1 : 5000 . . .	Dehnmass	12 mm
"	1 : 10.000 . . .	"	10 mm
"	1 : 25.000 . . .	"	7 mm
"	1 : 50.000 . . .	"	5 mm
"	1 : 100.000 . . .	"	4 mm

Die graphische Darstellung ergibt eine Kurve (Abb. 12). Sie soll verdeutlichen, dass 1.) die Zitterigkeit exakter Schichtlinien in kleineren Masstäben an der Flachgrenze zunimmt (was den Scharungsbereich einengt) und 2.) die Flachgrenze der Scharung durch die Formensiebung des Masstabes nicht linear verschoben wird.

Die Schichtlinienplastik wurde schon öfters diskutiert. Nach Leupin beginnt sie ab durchschnittlich 7mm Schichtlinienabstand zu wirken²²⁾. Rabensteiner kommt auf Grund eingehender physiologischer Untersuchungen an Hand von Karten 1:25.000 auf das Mass von rund 10mm (siehe Fussnote 3). Die Werte fügen sich ungefähr in die angeführte Skala. Das Dehnmass - obwohl immer eine problematische Grösse - muss als die untere Grenze des Scharungsraumes für die Äquidistanzbemessung in Betracht gezogen werden.

Als feste Schranke ist die Steilgrenze der Scharung gegeben. Die Schichtwei-

22) Leupin: Masstab - Äquidistanz; Schw. Ztschr. f. Verm. Wesen u. Kulturtechnik 1934, S. 41.

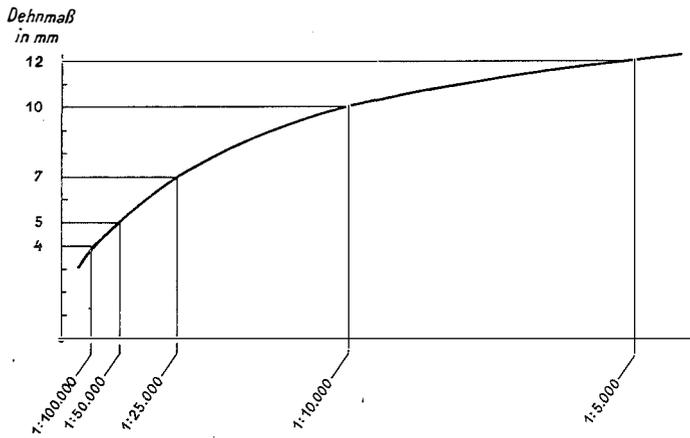


Abb. 12. Graphische Darstellung der Dehnmaße.

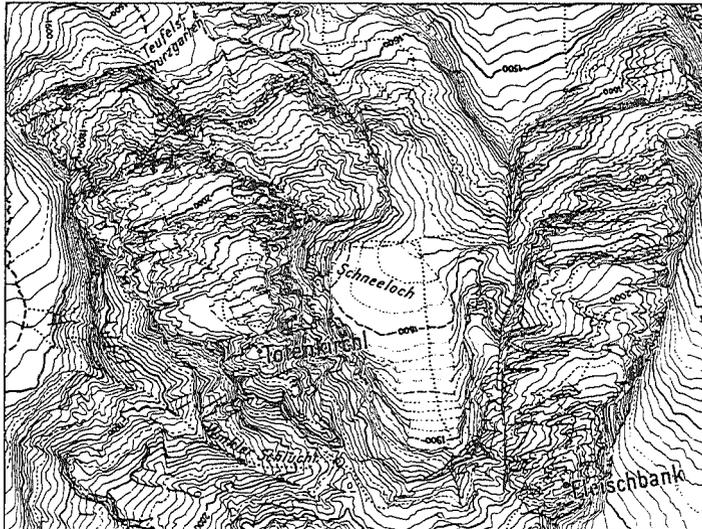


Abb. 13. Wiedergabe aus der „Forschungskarte des Mittleren Kaisergebirges“ 1:10.000. Erste aerophotogrammetrische Hochgebirgskartierung von O. v. Gruber 1924. Original zweifärbig: Beschriftung und Kletterrouten in schwarz, Schichtlinien in braun. — Die Wiedergabe verliert durch die Einfärbigkeit: nicht alle Linienknoten rühren vom Schichtliniengedränge her. Originalplatten und -karte leider vergriffen. Mit Genehmigung von Zeiß-Aerotopograph, München.

ten verringern sich mit zunehmender Böschung. Aus Gründen der Leserlichkeit dürfen wir Schichtlinien mit kleinerem Seitenabstand als 0,2 mm nicht reproduzieren (Abb. 13). Wir nehmen die Schichtweite von 0,2 mm als die kartographisch kleinstmögliche an²³⁾ und nennen sie das *Stauchmass*. Hier liegt die zwangsläufige Steilgrenze für die Schichtlinienzeichnung in allen Äquidistanzen und Masstäben.

Je nach dem Geländecharakter und dem Masstab besitzt das *Stauchmass* verschiedene Bedeutung. Steilwände drängen die Scharung jedenfalls bis zum *Stauchmass*. Weniger geböschtes Gelände erfordert hingegen nicht, dass man die Scharung an den Steilstellen bis zum *Stauchmass* treibt.

Wir sprechen von *voller Scharung*, wenn das *Stauchmass* systematisch erreicht wird, von *gemässiger Scharung*, wenn bei ausreichender Scharwirkung die systematisch kleinste Schichtweite ein Mehrfaches des *Stauchmasses* bleiben kann (etwa 0,5 mm bis 1,0 mm), und von *düftiger Scharung*, wenn durch zu lockeres Schichtliniengefüge eine Scharwirkung gar nicht zustande kommt (vgl. Abb. 11).

b) Das Scharungsdiagramm.

Die Scharungsgrenzen sind Werte der Anschauung. Im konkreten Falle drücken die Schichtweiten Böschungswerte aus. Das *Dehnmass* und das *Stauchmass* als die Schichtweiten an den Scharungsgrenzen, setzen die Böschungswinkel fest, zwischen welchen eine Scharwirkung entstehen kann bzw. im Falle einfachen Geländes zu erwarten ist. Stellen wir uns eine Anzahl n von gleichmasstäblichen Schichtlinienkartierungen ein und desselben Geländestückes mit jeweils um $\frac{1}{n}$ veränderter Äquidistanz vor, so bleiben zwar die Scharungsgrenzen stabil, aber es ändern sich jeweils der Böschungswert der Schichtlinien, ihre Formverwandtschaft und ihre Scharwirkung (vgl. Abb. 11 und Abb. 23). Es besteht die Aufgabe, den Einfluss der Äquidistanzänderung auf die Scharung zu untersuchen, um aus der natürlichen Böschungsverteilung Richtwerte für eine bildlich möglichst wirksame Äquidistanz zu gewinnen.

Dies geschieht am besten mit dem Scharungsdiagramm.

Zusammenstellung der Bezeichnungen:

$1 : M$	=	Masstab (M = Masstabszahl)
Z	=	Äquidistanz (Schichthöhe)
α	=	natürlicher Böschungswinkel
α_{fl}	=	Böschungswinkel an der Flachgrenze der Scharung
α_{st}	=	"- " " " " Steilgrenze " " "
w'	=	Schichtweite (seitlicher Schichtlinienabstand)
w'_{fl}	=	Dehnmass (Flachgrenze der Scharung)
w'_{st}	=	Stauchmass (Steilgrenze der Scharung)
Σ	=	Scharungsbereich oder Böschungsspanne.

Die Scharung wurde als abhängig erkannt von den Grössen Z , α und M . Aus dem Bö-

23) R. Finsterwalder gibt als kritischen Abstand für die Abzählbarkeit der Linien die Grösse von 0,5 mm an. Vgl. "Zu den Schichtlinien der Deutschen Karte 1:25.000"; Die Erde, Zeitschrift der Ges. f. Erdkunde zu Berlin, Heft 1, 1951/52, S. 40.

Scharungsdreieck an der Flachgrenze (Abb. 14) ersehen

wir $\operatorname{tg} \alpha_{\text{fl}} = \frac{Z}{M \cdot w'_{\text{fl}}}$ und an der Steilgrenze analog

$\operatorname{tg} \alpha_{\text{st}} = \frac{Z}{M \cdot w'_{\text{st}}}$. Für einen bestimmten Masstab

werden die Koeffizienten $\frac{1}{M \cdot w'_{\text{fl}}} = C_1$ und

$\frac{1}{M \cdot w'_{\text{st}}} = C_2$ konstante Grössen (Tabelle)

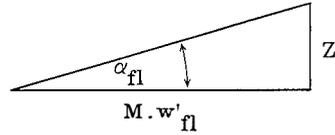


Abb. 14

Tabelle der Masstabskonstanten C_1 und C_2

Masstabszahl M	Dehnmass (Meter)	C_1	C_2
5.000	0,012	0,0167	1,0
10.000	0,010	0,0100	0,5
25.000	0,007	0,0057	0,2
50.000	0,005	0,0040	0,1
100.000	0,004	0,0025	0,05

und es gelten für die Böschungsgrenzwinkel die Beziehungen

$$\alpha_{\text{fl}} = \operatorname{arc} \operatorname{tg} C_1 \cdot Z$$

$$\alpha_{\text{st}} = \operatorname{arc} \operatorname{tg} C_2 \cdot Z$$

Die Kurvenbilder der Grenzwinkel α_{fl} und α_{st} ergeben mit festgehaltenem M und einem variabel angenommenen Z das Scharungsdiagramm (Abb. 15). Der beliebig auf der Abszissenachse gewählten Äquidistanz Z_n entspricht eine volle Scharung im Böschungsbereich zwischen den Kurven α_{fl} und α_{st} , ersichtlich am jeweiligen Ordinatenabschnitt Σ_n . Die laufende Reichweite der Scharung Σ erscheint gegeben durch die Ordinaten Differenz der Kurven $\alpha_{\text{st}} - \alpha_{\text{fl}}$, also

$$\Sigma = \operatorname{arc} \operatorname{tg} C_2 \cdot Z - \operatorname{arc} \operatorname{tg} C_1 \cdot Z$$

Σ erreicht an einer Abszissenstelle Z_0 ein Maximum. Wir suchen das Maximum durch

Differenzierung von Σ nach Z auf

$$\Sigma = \frac{C_2}{1 + C_2^2 \cdot Z^2} - \frac{C_1}{1 + C_1^2 \cdot Z^2} = 0 \text{ und finden}$$

$Z_0 = \sqrt{\frac{1}{C_1 \cdot C_2}}$. Demnach ist Z_0 die Äquidistanz mit der grössten Böschungsspanne.

Die Abb. 16-20 zeigen praktisch brauchbare Scharungsdiagramme für die Masstabreihe 1:5000, 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 und 1:100.000. Die grösste Böschungsspanne Σ_{max} mit der Äquidistanz Z_0 ist in jedem Diagramm vermerkt. Die Kurven geben die Böschungswerte bestimmter Schichtweiten bei verschiedenen Äquidistanzen an.

Vor der Diskussion der Diagramme ist noch der Begriff des Scharungsmittels zu erläutern.

In der Geographie versteht man unter dem Böschungswinkel eines Gebirges das Mittel aus vielen Durchschnittsneigungen vom Kamm oder Hochflächenrand bis

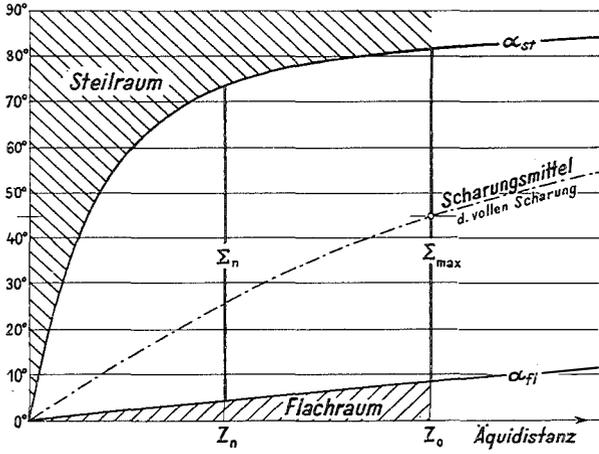


Abb. 15
Scharungsdiagramm
allgemein

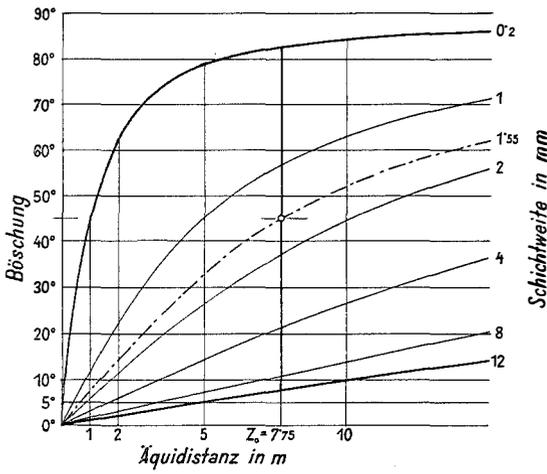


Abb. 16
Scharungsdiagramm
für den Maßstab 1:5.000

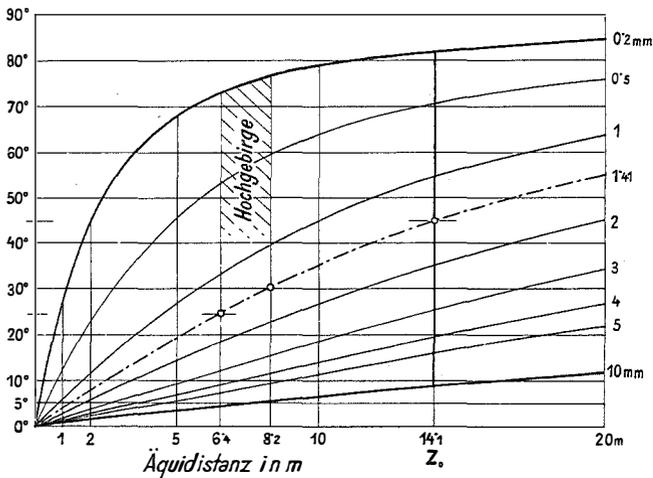


Abb. 17
Scharungsdiagramm
für den Maßstab 1:10.000

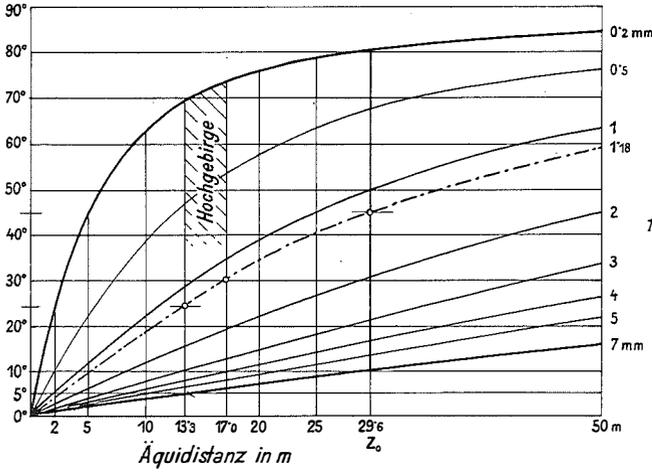


Abb. 18
Scharungsdiagramm
für den Maßstab 1:25.000

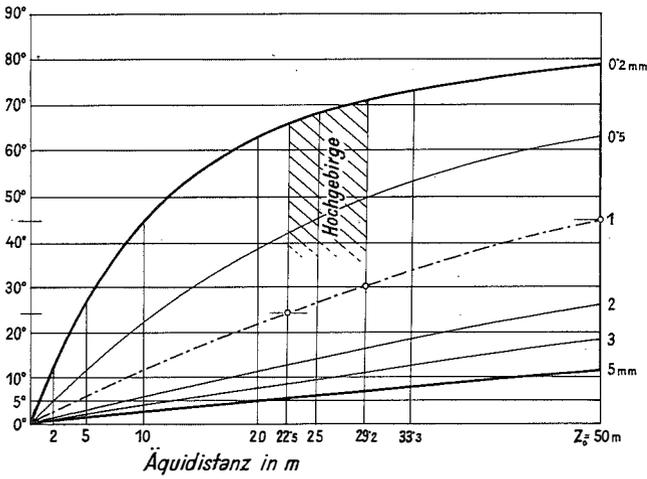


Abb. 19
Scharungsdiagramm
für den Maßstab 1:50.000

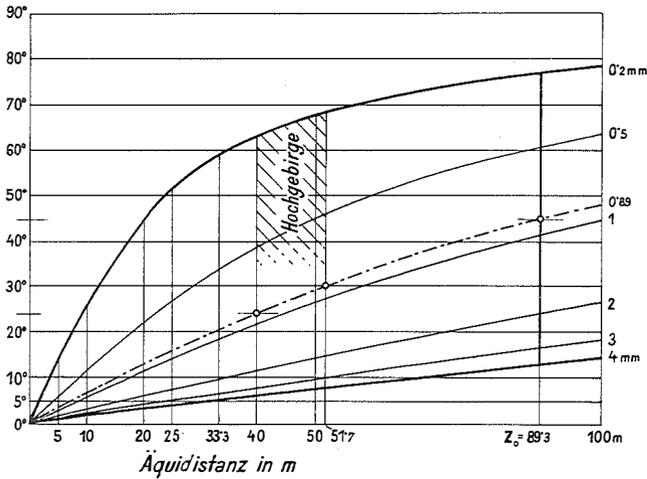


Abb. 20
Scharungsdiagramm
für den Maßstab 1:100.000

zum Bergfuss. Da die mittlere Böschung (so wollen wir hier dazu sagen) ein typisches allgemeines Landschaftsmerkmal ist, darf sie bei der Äquidistanzbemessung nicht übersehen werden. Müssen wir für eine Darstellung die volle Scharung in Betracht ziehen, so lohnt es sich, die mittlere Böschung in der Scharung aufzusuchen, womit wir das Scharungsmittel finden. Für Darstellungen in gemässiger Scharung ist es ohne Belang.

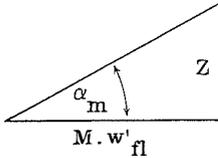


Abb. 21

Aus dem Böschungsdreieck (Abb. 21) mit dem Winkel der mittleren Böschung α_m ergibt sich die Schichtweite des Scharungsmittels mit $w'_m = \frac{Z \operatorname{ctg} \alpha_m}{M}$.

Die Kurve des Scharungsmittels der vollen (!) Scharung für alle Äquidistanzen befolgt analog der angegebenen Beziehungen die Gleichung

$$\alpha_m = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{Z}{M \cdot w'_m}$$

In den Diagrammen (Abb. 15–20) ist die Kurve des Scharungsmittels strichpunktiert eingetragen und am Kurvenende dessen Schichtweite in mm vermerkt. An der Stelle Z_0 erreicht das Scharungsmittel die Mitte der Böschungsspanne; zwischen 0 und Z_0 bewegt es sich unter der Mitte der Böschungsspanne.

IV. Ueberlegungen zur Äquidistanz. -

Der landschaftsgebundene Schichtlinienplan.

Mit der eingangs aufgestellten Forderung: exakte Schichtlinien, entscheidet die Äquidistanz schlechthin über den geometrischen und bildlichen Grundwert der gesamten Darstellung und die "richtige" Disposition der Äquidistanz ist die zentrale topographisch - morphologische Aufgabe. Der Wechsel im Geländetypus schliesst eine nur dem Masstab angepasste Äquidistanznormung aus. Also ist die Äquidistanzfrage zu ordnen und zu prüfen auch nach dem vorherrschenden Geländecharakter oder, besser gesagt, nach dem übergeordneten Landschaftstypus, dessen Merkmale häufig wiederkehrende morphologische Formelemente bzw. Formgruppen sind.

Die Äquidistanz hängt ab:

- 1.) vom Masstab; grösserer Masstab - kleinere Äquidistanz, kleinerer Masstab - grössere Äquidistanz; -
- 2.) von der Böschungsverteilung; allgemein steilere Böschung - grössere Äquidistanz, allgemein flachere Böschung - kleinere Äquidistanz; -
- 3.) vom Formenreichtum; grössere Formung - grössere Äquidistanz, kleinere Formung - kleinere Äquidistanz; -
- 4.) vom Höhenzählssystem; runde Meterwerte, womöglich ganze Unterteilungen von 10m oder 100m.

Das Scharungsdiagramm gibt Anhaltspunkte für den Masstab, für die Böschungsverteilung und für das Höhenzählssystem. Dies genügt zur Ermittlung sicherer Äquidistanz-Richtwerte, die dann in den üblichen Äquidistanzstufen entsprechend der Geländeformung vergrößert oder verfeinert werden können. Es erwächst daraus der landschaftsgebundene Schichtlinienplan²⁴⁾.

Auf die Äquidistanzproblematik einiger Landschaftstypen soll nun kurz eingegangen werden.

a) Hochgebirge

In Betracht kommen die Masstäbe 1:10.000 und kleiner. Es sind alle Böschungen zwischen 0° und 90° (und sogar darüber hinaus) vertreten. Die volle Scharung reicht nicht aus, die vorhandenen Extreimböschungen zu erfassen. Selten aber übersteigt die mittlere Böschung 30° .²⁵⁾ In erster Rücksicht bemessen wir die Äquidistanz nach der mittleren Böschung²⁶⁾.

24) In intensiv vermessenen Gebieten liegen Erfahrungsregeln über Äquidistanz und Masstab vor. Für Schweizer Verhältnisse hat Leupin empirische Formeln zur Äquidistanzbemessung aufgestellt (vgl. Fussnote 22). Allgemeine systematische Untersuchungen nach morphologischen Richtlinien sind dem Verfasser nicht bekannt geworden. Die exakte Darstellung wirft diese Frage neu auf und fordert systematische Klärung.

25) Nach K. Peucker beträgt die mittlere Böschung im Jungfraugebiet $36 \frac{1}{2}^{\circ}$, in den Ennstaler Alpen $24 \frac{1}{2}^{\circ}$, in den östlichen Norischen Alpen (nur mehr hohes Mittelgebirge) 10° . N. Krebs berechnet sie für das Pongauer Kalkgebirge mit 30° , für die nördlichen Seitenkämme der Hohen Tauern ebenso, für Schiefergebirge mit 14° - 20° , höchstens 24° . Aus N. Krebs: Die Ostalpen und das heutige Österreich; 1. Ed., S. 45; Verl. Engelhorn's Nachfolger, Stuttgart 1928.

26) Anm. d. Verf.: Die grösste Böschungsspanne bei Z_0 (Abb. 16-20) fusst auf einer in der Natur nicht vorkommenden mittleren Böschung von 45° . Die Äquidistanz Z_0 scheidet daher als praktischer Wert aus.

Die volle Scharung wird am besten ausgenützt, wenn der Böschungswert des Scharungsmittels der mittleren Böschung angeglichen wird, im Hochgebirge also 24° - 30° . Die Äquidistanzen, die diese Bedingung erfüllen, sind aus den Scharungsdiagrammen (Abb. 17-20) einfach herauszulesen: Die gefragten Äquidistanzen sind auf der Abszissenachse durch die Lotpunkte jener Stellen markiert, wo die strichpunktierte Kurve des Scharungsmittels die Höhe von 24° - 30° schneidet. In den Diagrammen ist der Streifen der in Betracht kommenden Äquidistanzen schraffiert hervorgehoben; auch sind die Randwerte der "theoretischen Hochgebirgsäquidistanzen" auf der Abszissenachse angeschrieben.

Für die Masstäbe 1:10.000 und 1:25.000 gibt es in den schraffierten Streifen keinen praktischen Äquidistanz-Zählwert (im Metersystem) und wir sind gezwungen, die Äquidistanz entweder grob (zu gross) oder fein (zu klein) zu bemessen²⁷⁾. Bei grober Äquidistanz liegt die mittlere Böschung unter dem Scharungsmittel, d. h. die Scharung wirkt in der flacheren Gebirgshälfte zu locker; bei feiner Äquidistanz liegt die mittlere Böschung ober dem Scharungsmittel, d. h. die Scharung wirkt in der steileren Gebirgshälfte zu gedrängt.

Nachstehende Tafel gibt eine Uebersicht der Hochgebirgsäquidistanzen mit Angabe der Scharungsgrenzen, der Böschungsspanne und des Scharungsmittels.

Masstab	Äquidistanz (Meter)	Steilgrenze	Flachgrenze	Bösch.-spanne	Scharungsmittel	Anmkg.
1: 10.000	grob 10	79°	6°	73°	35°	---
	morph. günstig 7,5	74°	5°	69°	27°	=mittl. Böschg.
	fein 5	68°	3°	65°	20°	---
	grob 20	76°	7°	69°	34°	---
1: 25.000	morph. günstig 15	71°	$5,5^{\circ}$	$65,5^{\circ}$	27°	=mittl. Böschg.
	fein 10	63°	4°	59°	19°	---
1: 50.000	morph. günstig 25	69°	6°	63°	27°	=mittl. Böschg.
1:100.000	morph. günstig 40	63°	6°	57°	24°	=mittl. Böschg.
	50	68°	7°	61°	29°	

Die Anforderungen an die Hochgebirgsäquidistanz in der Nähe der Böschungsextreme sind folgende:

An der Flachgrenze der Scharung sollen die typischen Verebnungsformen des Hochgebirges, wie Hochflächen, Glazialtröge, Schuttfächer, Eckfluren usw., - in tieferen Lagen die einzigen Ansatzpunkte menschlicher Siedlung oder Bodennutzung -, mit einbezogen sein. Eine äquidistante Böschungserfassung herab bis zu 4° - 5° wäre erforderlich. Die

27) Anm. d. Verf.: Günstig wäre für den Masstab 1:25.000 die Äquidistanz 50 engl. Fuss (=15,24m) und für den Masstab 1:10.000 die Äquidistanz 25 engl. Fuss (=7,62m).

grobe Äquidistanz - in 1:25.000 die meist übliche - beeinträchtigt die Darstellung dieser Formen.

Die Steilgrenze der Scharung liegt im Fels.

Bedeutende Steilwände der Alpen weisen nachstehende Durchschnittsböschungen auf:

Grossglockner, steilste Flanke ins Innere Glocknerkar.....	55°
Matterhorn-Nordwand (steilste Bergseite) rund 1000m	68°
Dachstein-Südwand 900 m	75°
Lalidererwand (Karwendel) 700 m	79°

Mächtige Wandbildungen mit über 70° Durchschnittsneigung gehören zu den Ausnahmen. Lotrechte Wandteile, Ueberhangzonen und kleinere Stufen fallen für die Äquidistanzbe- messung ausser Betracht, denn sie erschöpfen jede Äquidistanz, deren Höhenwertklei- ner ist. Steilstwände setzen festes Gestein voraus. Sie sind bedeutend weniger geglie- dert wie ihre minder geböschte Umgebung (vgl. Grosse Zinne-Nordwand, Lalidererwand u. a.). In der exakten Darstellungsweise erledigen sich Steilstwände infolge grundrisslicher Schrumpfung sozusagen von selbst²⁸⁾. Sie sind auch nicht soviel Ursache der Schichtli- nienverwirrung wie die aufgelösten, grundrisslich stark gegliederten Felsbauten (vgl. Abb. 13). Hier bestehen die schwierigsten Aufgaben für die grundrisstreue, verständliche Dar- stellung. Weil das Ausdrucksvermögen der reinen Schichtlinien im wilden Fels von vorn- herein beschränkt ist, genügt es jedenfalls, wenn die Steilgrenze der Scharung bis gegen 70° reicht.

Aus vorstehender Tabelle ersehen wir, dass die feine Äquidistanz in den Masstä- ben 1:10.000 und 1:25.000 mit Rücksicht auf das wichtige flache Begleitgelände den Dar- stellungsanforderungen näher kommt, wie die grobe Äquidistanz. Es ist aber keine der beiden richtig landschaftsgebunden. Bei grosser Formung und unbedeu- tenden Verebnungen (wie z. B. in kristallinen Kettengebirgen) erzielt die grobe Äquidistanz meist ein befriedigendes Scharungsbild.

Aus Gründen der Felsdarstellung hielt R. Finsterwalder 1934 eine noch gröbe- re Äquidistanz für günstig: "Damit sich die detailreichen Schichtlinien im Grundriss nicht gegenseitig stören, muss ihr Höhenabstand meist grösser gehalten werden als bei den in- terpolierten, und im schwierigen Gelände etwa doppelt so gross sein, wie bei den bisheri- gen Karten. Man mag dies beklagen, weil ja infolge der grösseren Höhenabstände viele For- men der Darstellung verloren gehen . . ." (Die Bedeutung der neuen photogrammetrischen Methoden. . . S. 13). Demgemäss wandte R. Finsterwalder in der Karte der Loferer Stein- berge 1:25.000, Alpenverein, wissenschaftliche Ausgabe, die 25m-Äquidistanz an (Abb. 45²⁹⁾)

28) Anm. d. Verf.: Man begegnet der Meinung, es sei für das Kartenbild zweckmässig und für Bergsteiger nützlich, steilste Felswände herauszuklappen, um Zeichenfläche für sie zu gewinnen. "Die dadurch entstehende Verschiebung an Wandfuss ist nach abwärts allmählich auszugleichen". Vgl. K. Milius: Offene Fragen der Hochgebirgstopographie; Mitteilungsblatt S. 13, Beilage zur Öst. Ztschr. f. Verm. Wesen., Baden b. Wien, Dez. 1949. - Abgesehen davon, dass sich geodätisches Gefühl dagegen sträubt, willkürliche Entstellungen des Grundrisses vorzunehmen, besteht auch kartenbildlich kein Anlass dazu, wenn das Darstellungssystem auf solche Fälle eingestellt ist (vgl. Abb. 30 und 43). Kletterer können aber auf eine kartographische Darstellung von Steilwänden gerne verzichten. Anstiegsrouten und Photos geben zweckmässigeres Auskunft als die beste Karte.

29) Anm. d. Verf.: Vom topographisch-morphologischen Standpunkt ist die mangelhafte vertikale Formverbindung dieser für 1:25.000 recht groben Äquidistanz im Felsgebiet noch weniger beklagenswert wie am Gebirgssockel, wo stellenweise eine lebhaft Durchformung des grünen Geländes einsetzt. (vgl. Abb. 36).

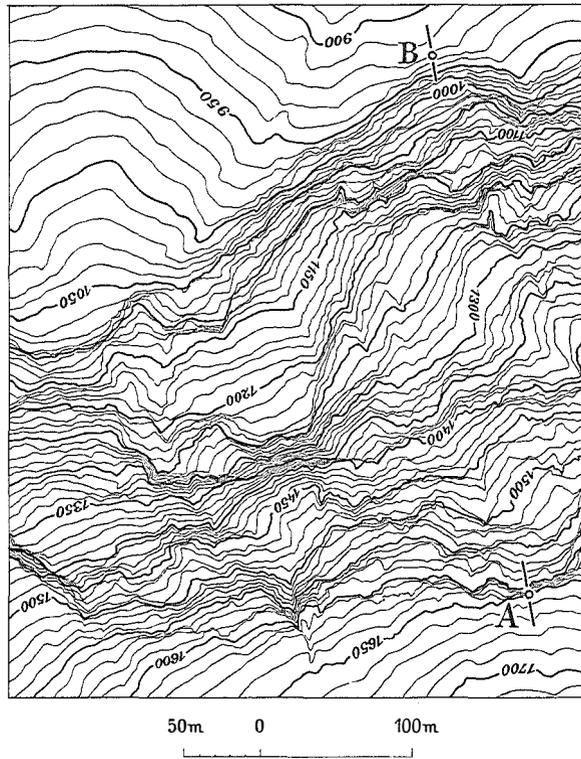


Abb. 22. Aus „Geländeaufnahme für Kraftwerk Braz“ (Vorarlberg) 1:5000, Äquidistanz 10 m, 50 m-Zählkurven. Terrestrisch-photogrammetrische Kartierung der „Alpenfotogrammetrie G.m.b.H.“, Arbeitsstelle Innsbruck. Verkleinerung der Originalkartierung 1:1000 mit Genehmigung der Alpenfotogrammetrie G.m.b.H.

Die gegenteilige Tendenz verfolgte man zunächst in der neuen Landeskarte 1:25.000 der Schweiz. In Proben zu diesem Kartenwerk v. J. 1934 stellte man das kulturfähige Gelände in 10m-Linien dar, das alpine Ödgelände (Fels, Firn, Eis) in 20m-Linien. Die Verzahnung zweier Äquidistanzen an der Ödlandsgrenze erwies sich als ungünstig. Die nun einsetzende Serienaussgabe zeigt, dass man sich in der Hochgebirgsdarstellung 1:25.000 auf die 20m-Äquidistanz geeinigt hat (vgl. Abb. 48).

Noch ein durch den Masstab bedingter Umstand ist zu erwägen: Die exakte Darstellung des Felsgebirges setzt voraus, dass die Schichtlinien zumindest den morphologischen Leitformen des Gesteins folgen können, d. h., es ist jener topographische Grenzmasstab zu beachten, der die masstäbliche Kartierung der Leitformen ebennoch zulässt (vgl. Abs. C. IV. a, Masstabsschwelle). Im zerklüfteten Dolomit (Typ Sextener Dolomiten, Gosaukamm) und im saiger geschichteten Kalkgestein (Typ Wilder Kaiser, Abb. 13) liegt der topographische Grenzmasstab schon bei 1:10.000, im massiven Kalkgebirge (Typ Wetterstein, vgl. auch Abb. 43) bei 1:25.000 und im Kristallin (Typ Ötztaler Alpen) zwischen 1:33.000 und 1:50.000. Der Masstab 1:100.000 ist für Hochgebirgsdarstellung jedenfalls schon ein Uebersichtsmasstab.

Des Interesses halber noch ein Beispiel einer exakt kartierten Felswand im Masstab 1:5000 mit 10m-Schichtlinien (Abb. 22)! Nach dem Scharungsdiagramm (Abb. 16) käme die 5m-Äquidistanz in Frage (Scharungsmittel bei 33° , Flachgrenze bei 5° , Steilgrenze bei 79°). Die vorliegende 10m-Äquidistanz gibt in der Wand ein gedrängtes Scharungsbild (durchschnittliche Böschung von A nach B = 64° !), im Sockelgelände würde sie sich sogleich als zu dürftig erweisen. Als Karte bedürfte der Ausschnitt noch darstellerischer Zusätze, um in der Natur leserlich zu werden.

b) Hohes Mittelgebirge, Bergland

sind der Regelfall für die Darstellung in gemässigter Scharung. Inwieweit sich die für das Hochgebirge zweckmässigen Äquidistanzen auch für das Mittelgebirge anwenden lassen, ist zu untersuchen. Dabei können die Uebergangstypen vom Mittel- zum Hochgebirge ausscheiden (z. B. Kitzbüheler Alpen, Kalkvoralpen), denn sie zeigen Böschungs- und Formenmerkmale des Hochgebirges (vgl. Abb. 9 u. 35).

In Frage stehen besonders die beruhigten Formen des Kristallins vom Typ der Norischen Alpen: Mittlere Böschung (nach Peucker) 10° , entwickelte Steilsthänge 27° - 30° , vorwiegend runde Rücken und scharfe Gräben, unbedeutende Felsbildungen (vgl. Kartenbeilage "Revier Weissenbach"). Zum gleichen Typ gehören auch niedrigere Grundgebirge (z. B. Schwarzwald, Böhmerwald).

In den Scharungsdiagrammen (Abb. 16-20) sind zur Orientierung über die Schichtweitengruppierung Zwischenkurven eingezeichnet. Wenn wir die Hochgebirgsäquidistanzen anwenden, erhalten wir an durchschnittlich und steilste geböschten Hängen des kristallinen Mittelgebirges die folgend zusammengestellten Schichtweiten:

Masstab	Hochgebirgs- äquidistanz	Schichtweite	
		mittl. Bösch. 10°	Steilstböschg. 30°
1: 5.000	5 m	6 mm	1,7 mm
1: 10.000	grob 10 m	6 mm	1,7 mm
	fein 5 m	3 mm	0,9 mm
1: 25.000	grob 20 m	6 mm	1,5 mm
	fein 10 m	2,4 mm	0,8 mm
1: 50.000	25 m	3 mm	0,9 mm
1: 100.000	40 m	2,4 mm	0,7 mm
	50 m	3 mm	0,9 mm

In der Darstellung des hohen Mittelgebirges ist wegen der allgemein grossen Formung mit der Hochgebirgsäquidistanz zweifellos eine ausreichende Scharwirkung zu erwarten - in den Masstäben 1:10.000 und 1:25.000 auch noch mit der groben Äquidistanz.

Zur Wiedergabe niedriger Gebirge werden in den Masstäben 1:10.000 bzw. 1:25.000 die Äquidistanzen 5m bzw. 10m erforderlich sein. Für kleinere Masstäbe kommen je nach der Gliederungsintensität des Berglandes Äquidistanzen von 20m oder 25m in Betracht:

Masstab	Äquidistanz	Schichtweite der Steilsthänge 30°
1 : 50.000	20 m	0,7 mm
	25 m	0,9 mm
1 : 100.000	20 m	0,35 mm
	25 m	0,43 mm

Bei Vorwiegen runder Formen ergibt sich erfahrungsgemäss eine instruktive Scharung, wenn an Steilsthängen die Schichtweiten etwa 0,5mm bis 1,0mm betragen.

c) Hügelland.

Das Hauptmerkmal des Hügellandes sind geringe relative Höhen von nur wenigen 100m. Je nach der geologischen Zusammensetzung und dem Erosionszustand kann Hügelland verschiedenartige Formen annehmen.

Wir greifen zwei Gegentypen heraus.

1.) Flysch, Typ nördl. Wiener Wald (Abb. 27); mittlere Böschung 8°-10°, Steilsthänge bis 24°; gerundete Rücken und vielfach auch gerundete Talsohlen, Rutschformen. - Weil die Formen einander meist in fließenden Uebergängen ablösen, ist bereits mit gemässiger Scharung eine fast 100%ige Scharwirkung zu erzielen. Mit Schichtweiten von etwa 0,8mm - 1,0mm an den Steilstellen finden wir aus den Diagrammen (Abb. 16-20) die Äquidistanzen: 1:5000 ... 2m, 1:10.000 ... 5m, 1:25.000 ... 10m, 1:50.000 ... 20m.

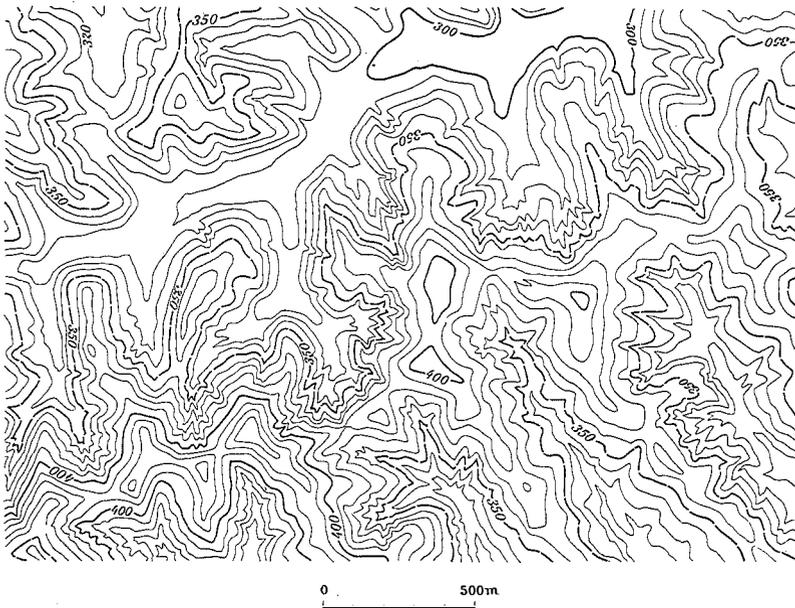


Abb. 23. Südsteirische Rebhügel, Teil nordwestlich von Gamlitz, 1:25.000, Äquidistanz 10 m, 50 m-Zählkurven, Meßtisch-Schichtlinien. Vgl. Abb. 11. — Mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien.

Beim topographischen Grenzmasstab 1:100.000 empfiehlt es sich wegen der geringen relativen Höhen die 20m-oder 25m-Äquidistanz (kleinste Schichtweite etwa 1/2mm) anzuwenden.

2.) Sandiges Sediment, Typ südsteirische Rebhügel (Abb. 23); sehr lebhaftes Gliederung, Grabenrisse, Anbrüche, Talsohlen, häufiger Böschungswchsel; Steilhänge 30° . - Die Diagramme verweisen auf die Äquidistanzreihe wie bei 1.), doch kann sich die Scharwirkung infolge der vielen eckigen Einschaltformen nicht überall durchsetzen.

d) Eingeschnittenes Rumpfbirge, Terrassenlandschaft

Das eingeschnittene Rumpfbirge ist gekennzeichnet durch flachwelliges Landim Wechsel mit steilwandigen Tälern. Im Terrassenland sind mehrere übereinandergelagerte Niveaus durch Steilstufen getrennt. Beide Landschaftstypen weisen Böschungsextreme auf, die zur Darstellung in voller Schichtlinienscharung zwingen.

1.) Rumpfbirge, Typ niederösterreichisches Waldviertel; Geländewellen mit etwa 5° Böschung und durchschnittlich 40m Höhe; Abhänge der Einschnittäler bis 35° gebösch, Flüsse bis 200m eingetieft. Das Hochland verlangt eine Äquidistanz, die mit der Scharung schon bei etwa 2° einsetzt. (Die allgemein recht trägen Formen lassen hier bereits eine Scharwirkung erhoffen). Wir gehen von der Flachgrenze aus und suchen in den Diagrammen (Abb. 16-20) die Stelle, wo die Kurve der Flachgrenze die Höhe von etwa 2° - 3° erreicht.

Wir erhalten:

Masstab	Äquidistanz	Flachgrenze	Steilgrenze
1: 5.000	2 m	2°	62°
1:10.000	5 m	3°	68°
1:25.000	5 m	2°	44°
und als Grenzmasstab für die äquidistante Erfassung			
1:50.000	10 m	$2,5^{\circ}$	44°

Im Masstab 1:100.000 kann dieser Geländetyp nur mehr mit dem Aushilfsmittel der Zwischenschichtlinien geometrisch ausreichend definiert werden.

2.) Terrassenland, Typ Elbe-Sandsteingebirge. Die Verebnungsflächen stellen ähnliche Bedingungen wie vorhin, doch ist der Uebergang zum nächsten Niveau mit den bekannten, senkrechten Sandsteinbastionen in Schichtlinien nicht verständlich auszudrücken. Die Äquidistanz kann nicht nach den senkrecht aufstrebenden Felsgebilden bemessen werden; vielmehr kommen dafür die darunterliegenden Steilhänge in Betracht. Es werden ähnliche Ergebnisse folgern wie unter 1.). Der formenreiche Quadersandstein verlangt zudem einen topographischen Masstab von 1:10.000³⁰⁾. Kleinere Masstäbe müssen die Felsformen schon stark zusammenfassen.

e) Flachland.

Das Absinken der relativen Höhen unter 100m bringt in einigen Landschaftstypen des

30) Die sächsische Landestopographie hat seinerzeit von diesem Gebiet Sonderkarten 1:10.000 herausgebracht.

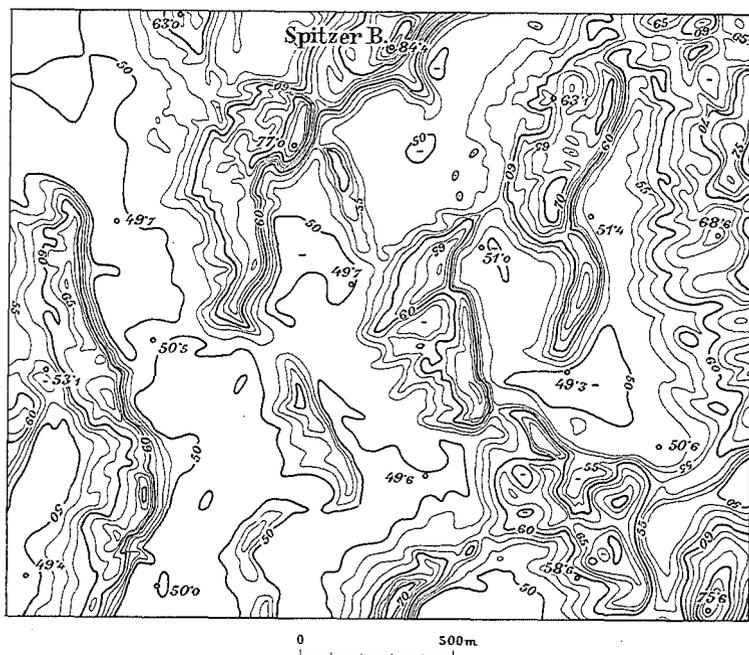


Abb. 24. Grundmoränen bei Schneidemühl 1 : 25.000, Äquidistanz 2'5 m, 10 m-Zählkurven. Umzeichnung der amtlichen Karte, vgl. Abb. 2. Konventionell interpolierte Schichtlinien. — Aus dem landschaftsgebundenen Schichtlinienplan ist im Gegensatz zu Abb. 2 der Charakter der Grundmoränenlandschaft sogleich zu ersehen: Dem Niveau von etwa 50 m Seehöhe sind Hügelketten aufgelagert. Sie streichen entsprechend der Bewegung des ehemaligen Gletschers ungefähr von Norden nach Süden und zeigen eine verstellte Ostseite. Die 2'5 m Äquidistanz bringt alle für diesen Maßstab bedeutungsvollen Erhebungen und Vertiefungen zum Vorschein. Mit systematischer Geländekotierung (hier nicht der Fall!) erübrigt sich die Einschaltung von Zwischenschichtlinien zur weiteren Präzisierung des Reliefs.



Abb. 25. Dünen auf der Insel Borkum 1:25.000, Äquidistanz 2·5 m. Schichtlinien nach der topographisch-morphologischen Kartenprobe 1:25.000, Blatt 1 „Küstendünen“. An den Schichtlinien kleine Gefällszeiger wie im Höhenliniensystem der polnischen Staatskarten 1:100.000. — Vgl. Abb. 26 und 26 a.

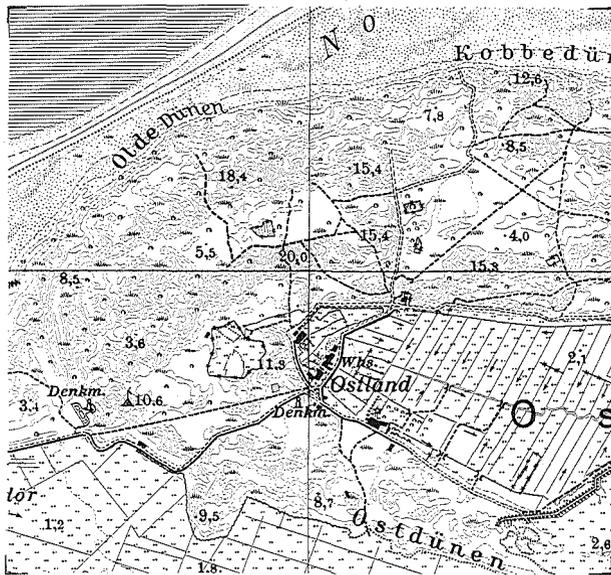


Abb. 26. Aus Blatt Borkum 1 : 25.000 Nr. 2306 (in der Geländedarstellung inhaltlich gleich mit der topographisch-morphologischen Kartenprobe Blatt 1). Mit Genehmigung des Niedersächsischen Landesvermessungsamtes, Hannover. — Der Verfasser wurde vom Amte benachrichtigt, daß zu einem späteren Zeitpunkt eine bildlich günstigere Darstellung herausgebracht werden wird.

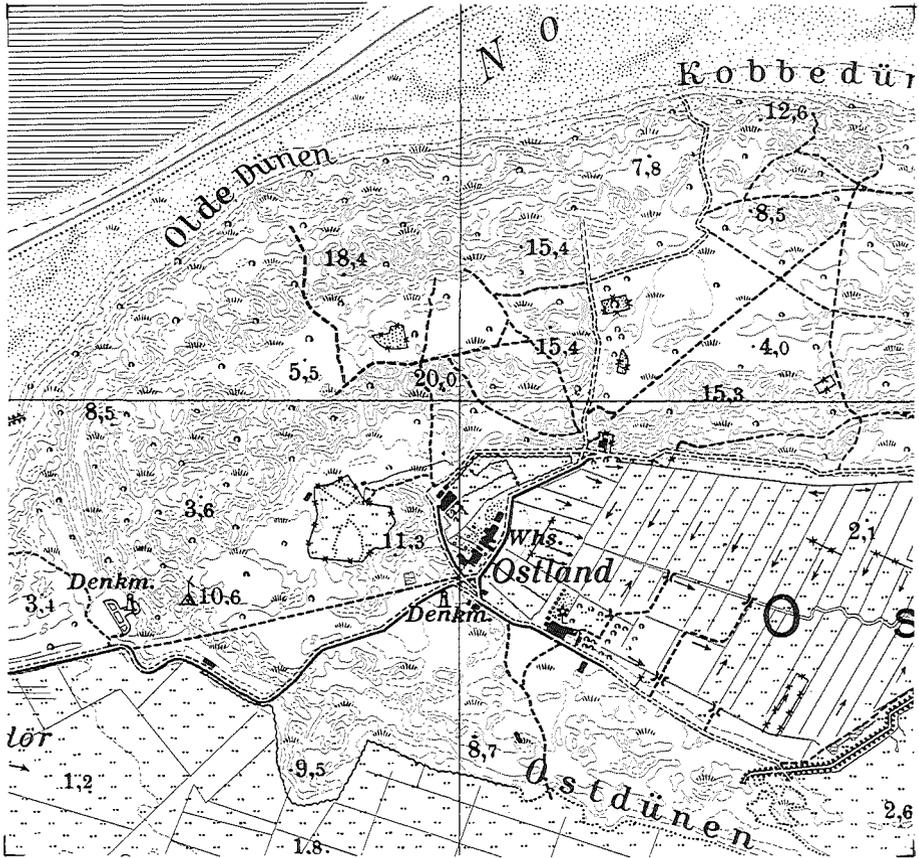


Abb. 26a. Vergrößerung der Abb. 26 auf rund 1:16.600. — Diese Vergrößerung auf das linear 1,5fache soll nur beweisen, daß das Höhenliniensystem mit der sog. „schwingenden Äquidistanz“ in der exakten Darstellung schwieriger Formen ganz und gar versagt. Wer vermag sich da auch nur rein geometrisch über Höhe, Böschung und Gefällsrichtung in vernünftiger Zeit zu unterrichten? - In den „Topographischen Erläuterungen“ zur Kartenprobe (siehe Fußnote 31) weist W. Gronwald mit Recht auf die bildliche Überlegenheit der alten Schraffendarstellung hin, die aber für heutige Anforderungen zu ungenau ist. Wenn diese Kartenprobe dazu beiträgt, daß das nichtäquidistante Höhenliniensystem beseitigt wird, dann hat sie einen bedeutenden Forschungserfolg gebracht.



Abb. 27. Aus der Österr. Karte 1:25.000, Blatt 58/3;
 Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien 1935.

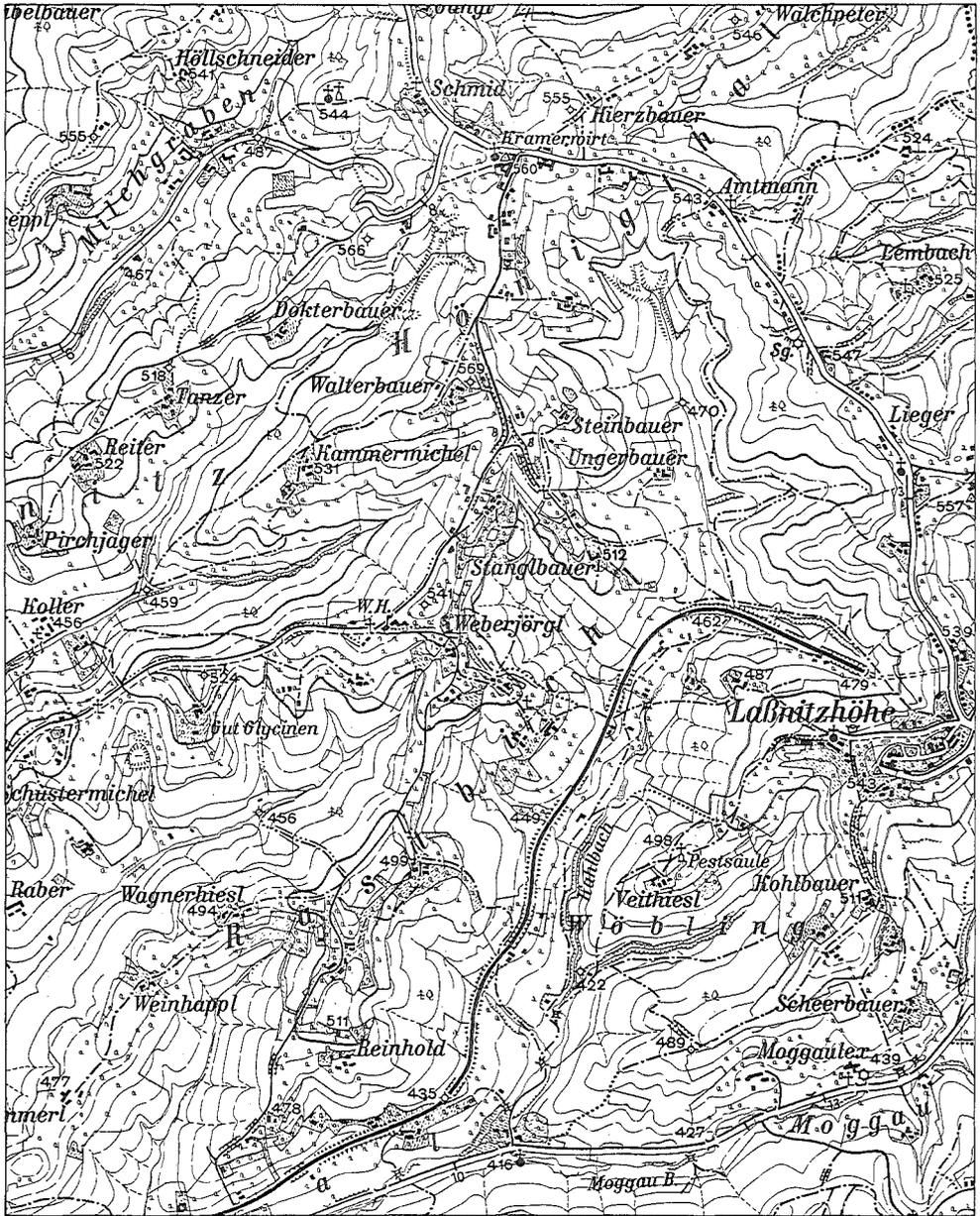


Abb. 28. Aus der Österr. Karte 1:25.000, Blatt 164/4 N;
 Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien 1931.

Flachlandes schwierige Darstellungsaufgaben. Die Feingliedrigkeit der Formen und ihre geringe relative Höhe verlangen für exakte Schichtliniendarstellungen grossen Masstab und kleine Äquidistanz. Aus der Fülle seien wiederum zwei gegensätzliche Typen herausgegriffen.

1.) Grundmoränen, Typ masurische Seenplatte; regellose Kuppen bis 40m Höhe und bis 30° Böschung, dazwischen Wannens und Seen (Abb. 24). – Wegen der kleinen Formen – Mulden und Kuppen bis herab zu 30–40m Durchmesser – ist der topographische Grenzmasstab mit 1:25.000 gegeben. Die zweckmässigen Äquidistanzen liegen nahe an der vollen Scharung (Abb. 16–18) d.i. 1 m für 1:5000, 2 m für 1:10.000, 2,5 m für 1:25.000. Infolge der fast durchaus gerundeten Uebergänge wird eine befriedigende Scharwirkung erzielt.

2.) Dünen; durch Wind entstandene Sandketten mit flacher Luvseite (5° – 10°) und steiler Leeseite (30°); in der Anordnung vergleichbar mit Wasserwellen; ohne bodenverfestigende Vegetation wandernd; Durcheinander von Aufbau – und Zerstörungsformen; an "Hohldünen" kleine Steilwände bis über 70° ; relative Höhen im mitteleuropäischen Bereich selten über 20m; im jungen Zustand auf den Höhen scharfe Kämme (Abb. 25). – Die verwirrende Formung setzt den topographischen Grenzmasstab wiederum mit 1:25.000 fest und erfordert volle Scharung. Aus den Diagrammen und mit Rücksicht auf die Kleinförmigkeit folgern nachstehende Äquidistanzen:

Masstab	Äquidistanz
1: 5.000	1 m
1: 10.000	1m oder 2m
1: 25.000	2m oder 2,5m

Die vielen scharfen und gegensinnigen Formen schliessen eine leicht fassliche bildliche Darstellung allein in Schichtlinien aus.

Die Frage der Dünendarstellung mit exakten "Höhenlinien" diskutiert W. Gronwald in der topographisch – morphologischen Kartenprobe 1:25.000, Blatt 1 "Küstendünen"³¹⁾. Die Höhenlinien sind einer aerophotogrammetrischen Kartierung 1:5000 entnommen und nur geringfügig für 1:25.000 überarbeitet, also verlässlich exakt. Leider bleibt die Ausführung im amtlich angeordneten Höhenliniensystem mit den wechselnden Stufenwerten von 1,25m, 2,5m und 5m (Abb. 26 und 26a). Die Probe lehrt, welche grundlegende Bedeutung äquidistante Schichtlinien besonders auch für Flachlanddarstellungen besitzen. H. Müller fordert im Zusammenhang mit der Dünendarstellung ebenfalls "die Gleichabständigkeit der Höhenlinien für bewegte Kleinformen"³²⁾.

Weiters lehrt die Kartenprobe "Küstendünen", die signaturgebundene Höhenlinienstrichelei, die nur zusätzlich Unklarheit schafft, fallen zu lassen. Äquidistante Linien können durchaus voll gezogen werden, weil ihr Stufenwert immer derselbe ist. Verstärkte

31) Nachrichten des Reichsvermessungsdienstes, Berlin 1942.

32) H. Müller: Deutschlands Erdoberflächenformen, S. 144.

Zählkurven in der 4-5fachen Äquidistanz tragen zur Uebersichtlichkeit bei³³⁾.

f) Zusammenfassende Folgerungen

1.) Soll der exakte Schichtlinienplan Grundlage einer bildlich günstigen Darstellung werden, so sind bei der Wahl der Äquidistanz die vertikale und die horizontale Landschaftsgliederung zu berücksichtigen. Das heisst: Der Schichtlinienplan muss landschaftsgebunden sein. - Für grössere Kartenwerke entsteht daraus die Schwierigkeit, die Äquidistanz mit dem Landschaftstypus wechseln zu müssen. Der Äquidistanzwechsel nach landschaftlichen Einheiten ist jedoch darstellerisch ungleich günstiger wie der fortgesetzte örtliche Wechsel mit der sog. "schwingenden Äquidistanz".

Das neue österreichische Kartenwerk 1:25.000 nimmt - leider nicht grundsätzlich - einen solchen Äquidistanzwechsel nach Landschaftstypen vor. Einige Blätter aus dem Wiener Wald, Ausgabe 1935, sind im Gegensatz zum 20m-System der Gebirgsblätter in vollen 10m-Linien gearbeitet; jede 50m-Linie ist als Zählkurve verstärkt (Abb. 27). Diese Blätter stechen in ihrer Klarheit und Formerfassung wohlthuend ab von den Blättern aus der Umgebung Graz, Neuaufnahme 1928, desselben Kartenwerkes, wo man sich bemüht, die 20m-Äquidistanz aufrechtzuerhalten. Die kleingegliederten Hügelketten östlich von Graz, relative Höhe bis 200m, geben häufig Anlass, 10m- "Hilfsschichten" einzufügen. Der dauernde Wechsel von 10m- und 20m-Höhenlinien verwirrt die Böschungsverhältnisse und ergibt ein schlecht definiertes Relief (Abb. 28).

Ein sehr erfreulicher Wandel ist an der Deutschen Topographischen Karte 1:100.000 in Vorbereitung. Das neue Musterblatt für dieses Kartenwerk sieht Äquidistanzwerte vor, die nach Grosslandschaften abzustufen sind und zwar³⁴⁾:

Flachland	Äquidistanz	10m
Mittelgebirge	"	20m
Hochgebirge	"	40m

Man hat also eine der grundlegenden darstellerischen Notwendigkeiten der Schichtlinienkarte erkannt und sich entschlossen, im Rahmen eines grossen Kartenwerkes den Äquidistanzwechsel an der Landschaftsgrenze in Kauf zu nehmen.

Die neue Landeskarte der Schweiz 1:25.000, Ausgabe 1953, lässt ebenfalls einen systematischen Äquidistanzwechsel nach Grosslandschaften erkennen: Einige Blätter aus dem Jura (Mittelgebirge) zeigen die 10m-Äquidistanz, das Blatt Säntis (Hochgebirge) ist in der 20m-Äquidistanz gearbeitet (vgl. Abb. 47).

2.) Gelingt es, in der Darstellung einer Landschaft die typischen Vermittlungsformen zwischen Hang und Verebnung in die homogene Scharung einzubeziehen, so ist a) die Bedingung "landschaftsgebunden" erfüllt und b) ein hohes Mass an Formverwandtschaft der Schichtlinien für die übrigen (steileren) Formen zwangsläufig gesichert. Für die geforderte minimale Schichtlinienanzahl sind die flachen Formen bestimmend. Wir dürfen sagen: Der landschaftsgebundene Schichtlinienplan erzielt mit minimaler Schichtlinienanzahl den besten möglichen Grundwert an geometrischer und bildlicher Definition.

3.) Die Rundformen haben für die Äquidistanzbemessung mehr Gewicht als die eckigen Formen. Mittels Schichtlinien kann nur an Rundformen

33) Anm. d. Verf. : Auch die Tiefenpfeile für die Kennzeichnung geschlossener Muldenformen wirken auf dem Blatt "Borkum" störend. Wesentlich klarer wäre das Minuszeichen in der Mitte der Form, so wie es die österreichischen entlichen Karten verwenden.

34) Nach R. Finsterwalder: Das Musterblatt für die topographische Karte 1:100.000; Ztschr. f. Verm. Wesen 1953, Heft 2, S. 6. - Knapp vor Abschluss vorliegender Arbeit erhielt der Verfasser Kenntnis von der beabsichtigten Neugestaltung. Es ist bemerkenswert, wie gut sich diese aus vielen Probeausführungen gewonnenen Äquidistanzwerte des Musterblattes mit den Werten decken, die man im jeweiligen Falle auch aus dem Scharungsdiagramm Abb. 20 herleitet.

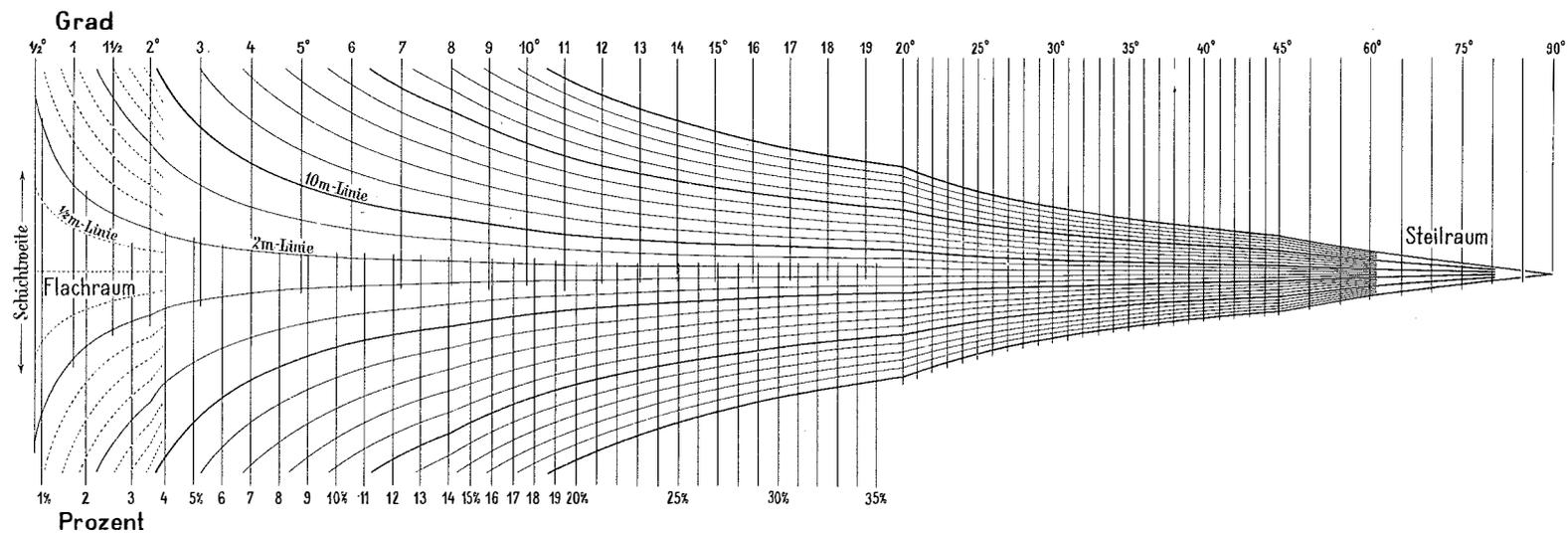


Abb. 29. Böschungendiagramm für den Maßstab 1:5000 und für 2 m-Schichtlinien. Im Flachraum Kleinäquidistanz $\frac{1}{2}$ m, im Steilraum Großäquidistanz 10 m. Vgl. Scharungsdiagramm Abb. 16. — Das Böschungendiagramm dient zum unmittelbaren Feststellen der Böschung aus den Schichtweiten. Auch gibt es einen sicheren Anhalt zur gefühlsmäßigen Beurteilung des Böschungswertes der Schichtlinienscharen im Kartenblatt.

eine fertige topographische Darstellung erzielt werden (Scharwirkung). Zur Darstellung eckiger Formen sind Schichtlinien allein nicht ausreichend. Somit ergibt sich der seltsame Umstand, dass die Darstellung schwierigen Geländes bei ungünstig gewählter Äquidistanz weniger einbüsst als die Darstellung einfachen Geländes.

4.) Jede Äquidistanz hat im gesamten Böschungsraum nur einen beschränkten Wirkungsbereich. Sie kann nicht alle (auch nicht alle runden) Formen ausreichend erfassen, weil selbst kleine Landschaftsausschnitte aus sehr verschiedenartigen Formen zusammengesetzt sind. Räume, die sich jedenfalls der äquidistanten Erfassung entziehen, sind der Flachraum und der Steilraum (Abb. 15). Im Flachraum mangelt es vorwiegend an geometrischer, im Steilraum vorwiegend an bildlicher Definition.

5.) Die Klarheit des Kartenbildes verlangt, dass die für eine Darstellung als zweckmässig erkannten Schichtlinien in vollen Linien gezeichnet und die Normalschichtlinien durch verstärkte Zählkurven in (Fünfer-, u.U. auch Vierer-) Paketen gebündelt werden. Um in der Beurteilung des Böschungswertes der (in grösseren Räumen wechselnden) Normalschichtlinien keine Zweifel entstehen zu lassen, ist es ratsam, jedem Kartenblatt ein Böschungsdiagramm beizufügen (Abb. 29, vgl. auch Kartenbeilage "Revier Weissenbach").

V. Flachraum und Steilraum

a) Der Flachraum

An Verebnungsflächen ergibt es sich, dass bemerkenswerte Formen infolge geringer Vertikalentwicklung von den Schichtebenen nicht oder nur randlich getroffen werden und dass infolge Anwachsens der Schichtweiten die Höhendefinition schwindet. Hier sind Aushilfen erforderlich.

1.) Die örtliche Aushilfe: *Zwischenschichtlinien*. Verstreut liegende Verebnungen in gebirgiger Umgebung (Hochflächen, Terrassen, Karböden) bergen manche orientierungswichtige Formumkehrungen (Nasen, Sättel, Karschwellen), die fallweise mit sparsam eingefügten *Zwischenschichtlinien* in der halben Normal-Äquidistanz verdeutlicht werden müssen. Dünn gestrichelt und auf die kritische Stelle beschränkt, leisten sie einen wichtigen geometrischen Beitrag, ohne die allgemeine homogene Scharung fühlbar zu stören.³⁵⁾ (vgl. Abb. 9) Kleinere fallweise Unterteilungen als auf die Äquidistanzhälfte kommen im landschaftsgebundenen Schichtlinienplan nicht in Frage. Kotierung entscheidender Verebnungspunkte schärft die geometrische Definition und spart *Zwischenschichtlinien*.

2.) Die systematische Aushilfe: *Hilfsschichtlinien*. Grössere ebene Flächen zwischen stark geneigtem Gelände (Talebene, Hochebene) können als gesonderte morphologische Bezirke mit eigenen Darstellungsbedingungen aufgefasst werden. Die Normalschichtlinien erscheinen bedeutend auseinandergezogen und geben keine ausreichende Höhendefinition. Dieser Mangel wird behoben, wenn wir eine systematische *Kleinäquidistanz* im Viertel- oder Fünftelwert der Normaläquidistanz einführen. Die entstehenden *Hilfsschichtlinien*, die wir möglichst fein gestrichelt oder punktiert zeichnen, gefährden die Wirkung der Normalscharung keinesfalls, wenn ihre seitlichen Abstände grösser bleiben als das Dehnmass, und sie werden in dieser Form auch noch nicht stören, wenn sie bis etwa auf die Hälfte des Dehnmasses aneinanderrücken. Das Böschungsdigramm am Rande jedes Kartenblattes erläutert die gewählte Schichtlinienordnung (Abb. 29).

b) Der Steilraum

Uebersteiles Gelände drängt die Normalschichtlinien unter das Stauchmass zusammen. Es widerspricht der geforderten Abbildungstreue, an solchen Stellen alle oder wenigstens einige Normalschichtlinien mit Deformierung der Umgebung in erzwungenem leserlichen Abstand hindurchzupressen³⁶⁾. Im Interesse eines klaren und richtigen Kartenbildes behalten wir besser nach der Methode W. Blumer nur die durch die Zählkurven bereits gegebene *Grossäquidistanz* bei und lassen die Normallinien beiseite.

35) In der neuen Landeskarte der Schweiz 1:25.000 sind *Zwischenschichtlinien* punktiert.

36) Die neuen Österreichischen Karten 1:25.000 und 1:50.000 stellen Steilwände mit "Anlage" dar, d. h., die 100m-Linien werden so weit herausgerückt, dass wenigstens 2 oder 3 Linien zu 20m (?!) Platz finden (vgl. Abb. 3 und Abb. 46).

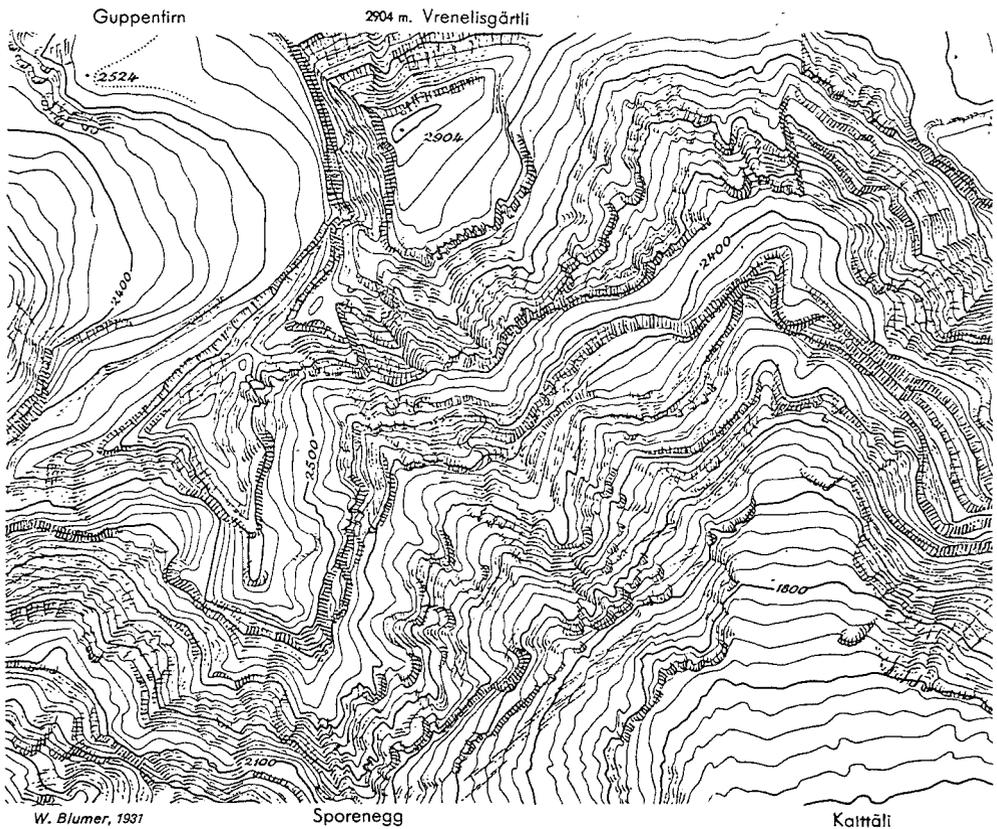


Abb. 30. Aus der Originalaufnahme für die „Karte des Glärnischgebietes 1:25.000“ von W. Blumer. Vergrößerte Zeichnung 1:12.500, Äquidistanz 20 m. — Man beachte vor allem die organische Verbindung von Vertikalschraffur und Schichtlinien in den Steilwandzonen, wo die 20 m-Linien, weil zu eng geschart, weggelassen sind. Der lückenlose Höhengenaufschluß ist dennoch überall gegeben. — Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung von Ingenieur ETH W. Blumer, Bern.

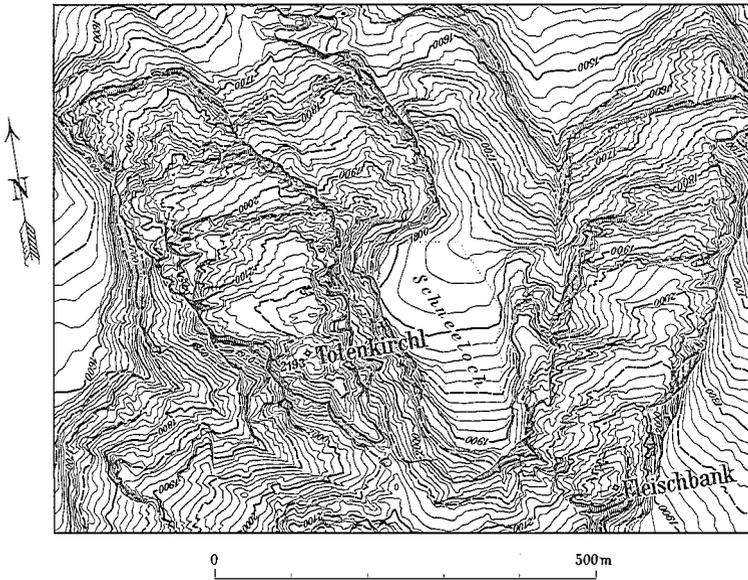


Abb. 31. Die Schichtlinien der Abb. 13, Wilder Kaiser, in kartographischer Ordnung. Maßstab 1:10.000, Äquidistanz 10 m. — Ohne jegliche Veränderung der Schichtlinienform sind folgende Maßnahmen getroffen: 1.) Verstärkte 50 m-Zählkurven, 2.) an Steilwänden über 75° Scharungersatz durch Vertikalschraffur und 3.) Absetzen der Schichtlinien vor Überschneidungen und Überhängen. Der hier außerordentlich verwickelte Felsbau beginnt sich mitzuteilen, ohne daß zunächst auch nur ein einziger Strich einer „Felszeichnung“ hinzugefügt ist. — Bearbeitung vom Verfasser.

Die entstehenden Scharungslücken decken wir mittels feiner Vertikalschraffur (Abb. 30)³⁷⁾ und gewinnen damit einen wirksamen Scharungersatz.

Die Blumer'sche Methode besitzt aus folgenden Gründen allgemeine Bedeutung:

- 1.) Durch den Wegfall der Normalschichtlinien an Steilwänden geht geometrisch nichts verloren, weil die Schichtlinien der Grossäquidistanz selbst eng geschart verlaufen und eine irrtümliche Deutung ausschliessen;
- 2.) die Scharungslücke wird bildlich gut geschlossen;
- 3.) die Charakterisierung der Steilwände durch Vertikalschraffur entspricht gewöhnlich auch dem Felsaufbau.

Die Schichtlinien reich gegliederter Felsbauten verwirren sich oft zu unleserlichen Knäueln (Abb. 13). Hier muss eine kartographische Ordnung einsetzen, natürlich, ohne die Formen selbst zu verändern. Im Falle, dass Schichtlinien aneinanderstossen oder, an Ueberhängen, sich gar unterlaufen, erhält die höhere Linie den Vorrang, während die tiefere Linie vor der Berührung absetzt. Die Regelung soll so getroffen werden, dass der Höhenwert der einzelnen Schichtlinienstücke erkennbar bleibt³⁸⁾. In Abb. 31 sind Schichtlinienordnung und Scharungersatz systematisch durchgeführt.

c) Die erweiterte Scharung.

Zur ausreichenden Definition der Böschungsextreme muss also die normale Scharung künstlich erweitert werden. Die angedeuteten Verfahren ergeben eine durchaus homogen anmutende Schichtlinienordnung. Das Schema für eine erweiterte Scharung zeigt die Abb. 29.

37) W. Blumer: Die Felsdarstellung mit Höhenkurven und Schraffen; "Die Alpen" 1954, Heft 6. - W. Blumer sagt S. 154: "Die Felskurven verlaufen, wie im übrigen Gelände, in 20m Äquidistanz. Eine charakteristische Felschraffenzeichnung nach bestimmten Grundsätzen ergänzt das Kurvenbild und steht mit ihm in harmonischem Zusammenhang. Wo die Höhenkurven bei steilen Wänden sich so eng zusammenscharen, dass sie von blossem Auge nicht auseinandergehalten werden können, sind sie, mit Ausnahme der 100-m-Leitkurven, unterbrochen und durch eine Vertikalschraffur ersetzt." Soweit dem Verfasser bekannt, hat W. Blumer als Erster die Steilgrenze systematisch beachtet.

38) Für die "Uebersichtspläne" der Schweiz 1:5000 und 1:10.000 ist eine ähnliche Vorschrift in Kraft. Siehe: Erläuterungen zur Anleitung für die Erstellung des Uebersichtsplanes bei Grundbuchvermessungen, Bern 1946.

C. DARSTELLENDER TEIL

I. Geländekanten - der Kernpunkt der Darstellungsfrage.

a) Begriffserklärungen

Topographische Geländedarstellung: Topographisch heisst ortsbeschreibend. Unter einer topographischen Geländedarstellung verstehen wir daher die geometrisch und bildlich vollwertige Wiedergabe der Geländeformen im Einzelnen. Die topographische Geländedarstellung hat an jeder in der Natur irgendwie masstabsfähig gekennzeichneten Stelle soviel mitzuteilen, dass eine eindeutige Geländeidentifizierung möglich wird. Als Darstellungsmittel eignen sich lineare Elemente.

Kartographische Geländedarstellung: Die Aufgabe der kartographischen Geländedarstellung besteht in der Zusammenfassung der Hauptform und in der Betonung des groben Reliefs. Dementsprechend kommen flächige Tönungen, wie Schummerung, Lavierung, "Reliefierung" (Schweiz), in Frage. In Verken- nung ihres Unvermögens, Einzelheiten auszudrücken, wird z. B. die Schummerung häufig als ein Hilfsmittel der Topographie erfolglos versucht (Schummerung für Zwecke der Kleinform- und Felsdarstellung).

Gestalt und Gefüge: In der Geländetopographie haben wir zwischen Oberflächengestalt und Oberflächengefüge zu unterscheiden. Die Grenze setzt der Masstab: Formen, die gross genug sind, dass sie im jeweiligen Masstab grundrisstreu erfasst werden können, zählen wir zur Oberflächengestalt (Skulptur), kleinere Formen zum Oberflächengefüge (Struktur)³⁹.

Wir haben uns zunächst mit der Topographie der Oberflächengestalt, also mit den masstabsfähigen Formen zu befassen.

Nach Krümmungsmerkmalen der Schichtlinien unterscheiden wir folgende Formengruppen:

- 1.) Die Gruppe der kontinuierlichen oder ausgeglichenen Formen. Die Schichtlinien verlaufen schwach bis stark gekurvt. Beliebig herausgegriffene Profile zeigen keine masstäblichen Ecken oder Unregelmässigkeiten. Die Formen setzen sich in gerundeten Uebergängen fort.
- 2.) Die stumpfkantige Formengruppe. Die Schichtlinien wenden sich in plötzlichen Rundungen. Das exakte masstäbliche Profil zeigt gerundete Unregelmässigkeiten. In der Häufung dieser entstehen Wellflächen.
- 3.) Die kantige Formengruppe mit eckigen Schichtlinien und Profilen.

Die Masstabsänderung kann ein und dieselbe Geländeform in eine andere Formengruppe versetzen.

³⁹) Anm. d. Verf.: Dies ist eine notwendige topographische Unterscheidung. Die morphologische Definition besagt: Skulpturformen entstehen unter dem Angriff der äusseren (exogenen) Erdkräfte, während Strukturformen aus dem Wirken der inneren (endogenen) Erdkräfte hervorgehen.

b) Das topographische Versagen der Schichtlinien.

Nach dem im "geometrischen Teil" Gesagten darf angenommen werden, dass der leere landschaftsgebundene Schichtlinienplan die meisten maßstabsfähigen Formen schneidet oder zumindest berührt. Wir haben nun zu beurteilen 1.) welche Kartierungsflächen damit bereits topographisch befriedigen und 2.) an welchen Kartierungsflächen für die gleiche Stufe der topographischen Festlegung noch anders geartete Zusätze anzubringen sind. Zu diesem Zwecke betrachten wir die Kartierungsflächen mit Scharwirkung gesondert von den übrigen Kartierungsflächen.

1.) Die Kartierungsflächen mit Scharwirkung erstrecken sich über die Bereiche kontinuierlich geformter Geländeteile. Auf Grund eindeutig gegebener linearer oder gekurvter Interpolationsmöglichkeiten zwischen den Schichtlinien ist jeder beliebige Geländepunkt geometrisch eingeordnet, ausgenommen die Höchst-, Tiefst- und Rastpunkte der Rücken- und Muldenlinien (der "Wasserscheider" und der "Talwege"), die Sache der Kotierung sind. Bildlich besteht zufolge der überzeugenden Linienscharung nirgends ein Zweifel über Geländeformung und Böschung. Sofern diese Flächen nicht auch Gefügeträger sind, ist ihre topographische Erfassung vollkommen.

2.) Die übrigen Kartierungsflächen zeigen eingeschränkte Scharwirkung. Sie verteilen sich um eckig, scharfgerundet oder widerspruchsvoll verlaufende Schichtlinien (Abb. 9). Geometrisch sind diese Flächen (oder Streifen) mangelhaft definiert, weil scharfe Linienwendungen keine Anhaltspunkte für die Interpolation geben. Höhen beliebiger Punkte zwischen den Schichtlinien sind zu einem bedeutenden Äquidistanzbruchteil unsicher. Die bildliche Deutung der Schichtlinienecken ist schwierig, auch da, wo Ecken einander formverwandt folgen. Eckiger Linienverlauf weist auf Verschneidungen - Geländekanten - hin. Die Form selbst wird aber nicht abgebildet und es besteht keine sofort überzeugende Beziehung zwischen Schichtlinienverlauf und Gelände. Unverstanden bleiben ferner viele scharfgerundete Schichtlinienwendungen. Eine zusätzliche topographische Zeichnung für die Darstellung kantigen Geländes ist fraglos notwendig. Allgemein zeigt sich, dass der topographische Wert des leeren Schichtlinienplanes umso eher abnimmt, je plötzlicher sich die Linien wenden und je unabhängiger von der Nachbarlinie die Wendung erfolgt.

Besonders auffallend ist das Versagen der exakten Schichtlinien in der Wiedergabe klarer Kanten. Wir beobachten folgende Unbestimmtheiten:

- 1.) Geneigte, über mehrere Äquidistanzen hinwegführende Kanten sind als tatsächlich beherrschende Geländelinien durch die Winkelfolgen der Schichtlinien nur unvergleichbar dürftig ausgedrückt. Ohne den Gedanken an die verbindende Scheitelkurve ist eine konkrete Deutung unmöglich.
- 2.) Annähernd horizontale Kanten verschwinden. Ihr Fehlen gibt Anlass zu kartenbildlichen Täuschungen.
- 3.) Kanten bis in etwa doppelter Äquidistanzhöhe bewirken isolierte Schichtlinienausschläge, die keinen Rückschluss auf ein bestimmtes Raumgebilde zulassen.

Dichtere Schichtlinienscharen können an diesen Mängeln grundsätzlich nichts ändern: Die Unbestimmtheiten des leeren Schichtlinienplanes sind systematischer Natur. Es wäre daher verfehlt, an kantigen Formen mit Verringerung

der Äquidistanz ein besseres Darstellungsergebnis erzielen zu wollen.

Wir kommen zum Kernpunkt der Darstellungsfrage und stellen nochmals fest: Der exakte Schichtlinienplan ist zwar reich an künstlichen, in der Natur nicht vorhandenen Geländelinien, verschweigt aber die tatsächlich bestehenden, jedermann in die Augen springenden Geländeverschnidungslinien, die Kanten, und begibt sich damit der allgemeinen, unmittelbaren Identifizierbarkeit mit dem Gelände. In allen für exakte Darstellungen in Betracht kommenden Masstäben liegt ohne Zweifel ein Bedürfnis vor, diesen topographischen Mangel zu beseitigen. Der vorhandene geometrische und bildliche Grundwert exakter Schichtlinien soll aber durch weitere Darstellungsmassnahmen keinesfalls gestört, sondern vielmehr gesteigert werden und es ist klar, dass diese Aufgabe nur ein überlegtes und theoretisch begründetes Zeichnungssystem zu bewältigen vermag.

Der Gedanke, die natürlichen Kanten im Schichtlinienplan direkt einzuzeichnen, drängt sich fast zwangsläufig auf und verspricht auch eine einfache Lösung. Mit der Eintragung einer einzigen scharfgeprägten Kantenlinie kommt aber folgerichtig eine ganze Lawine in Bewegung! Wenn in allen Teilen des Schichtlinienplanes eine gleichmässig hochstehende topographische Formwiedergabe erreicht werden soll, so genügt es bei weitem nicht, die Kantendarstellung allein auf die scharfen Formen zu beschränken. Den geeigneten Kantenbegriff vermittelt uns eine morphologische Theorie; das geeignete Zeichnungssystem dazu entwickeln wir aus den gegebenen Notwendigkeiten. Wir wollen zur Vervollständigung des Schichtlinienplanes ein allgemeines Kantenprinzip erwägen.

c) Geländekanten, Kantenzeichnung.

Die Bezeichnung "Kanten", auf das Gelände angewandt, stammt von R. Lucerna. Er hat gefunden, dass sich jede Erdoberflächenform in Flächenelemente einer bestimmten Bildungszeit und -art, in "morphologische Flächen" aufgliedern lässt. Der Uebergang von Fläche zu Fläche kann plötzlich oder allmählich erfolgen, seinem morphologischen Ursprung nach ist er als Kante aufzufassen. Der Vorgang der Flächenzerlegung heisst "Fazettierung"; Die Kanten sind die "genetischen Linien" der Oberflächengestalt⁴⁰⁾.

Der von Lucerna geprägte Kantenbegriff lässt uns die Erdoberfläche sozusagen als morphologischen Polyeder erblicken. Landläufig denkt man beim Wort "Kante" zunächst an Fels, und zwar an einen Felsgrat. Von dieser engen Vorstellung wollen wir uns lösen und uns daran gewöhnen, Geländekanten als Sammelbegriff aufzufassen, der u. U. auch gerundete Flächenübergänge mit einbezieht. Kanten im morphologischen Sinne sind an keine bestimmte Landschaft oder Oberflächenart gebunden; sie treten überall auf, wo verschiedene morphologische Flächen sich schneiden, sich berühren oder allmählich ineinander übergehen. Eine nur ganz bruchstückweise Aufzählung von Kanten soll

40) R. Lucerna: Neue Methode der Kartendarstellung; Petermanns Geographische Mitteilungen 1928. - Fazettierung; P. G. M. 1931. - Kantographie; Comptes Rendus du Congrès International de Géographie, Amsterdam 1938. - Anm. d. Verf.: Lucerna entwarf Geländedarstellungen mittels Kanten allein. In Kreisen der Topographie und Kartographie stiess er auf Ablehnung.

mit dem Tiefland beginnen: Terrassenränder, Moränenränder, Ränder der Sölle (glaziale Trichter), Rinnen, Dünenkämme, Ansätze der Dünenketten; - im Hügel - und Bergland: Talränder bei seitlicher Erosion, Ränder der Schwemmkegel, Einrisse, Gräben, Schichtstufen, Hochflächenränder; - im Hochgebirge (ausser im nackten Fels): Rasengrate, Moränenkämme, Karrränder, Schuttkegelverschneidungen, Abbrüche, Klammern; u. s. w. u. s. w.

Kanten erscheinen als Positivformen (Grat, Abbruch) und als Negativformen (Graben, Ansatz). Die Flächenverschneidung kann je nach dem Material und dem Alter scharfkantig, stumpfkantig oder gerundet sein. Verschneiden sich zwei kontinuierliche Flächen, so entsteht eine in sich glatte Kante. Es gibt grosse, und kleine Kanten und Kanten in jedem Neigungswinkel. Zur engen Nachbarschaft von mehreren Kanten sagen wir Zerkantung. Wird die Zerkantung sehr klein und von übergeordneten Flächen getragen, so sprechen wir von Knitterflächen (Imhof). Die Verschneidung zweier Knitterflächen ergibt eine Knitterkante. Knittrige Zerkantung ist dem Felsgebirge eigen.

Aus diesem kurzen Abriss ist zu ersehen, welche Aufgaben eine topographische Kantenzzeichnung erwarten. Mit der eingangs ausgesprochenen Absicht, ein realistisches Darstellungssystem zu ermöglichen, darf selbstverständlich die Kantenzzeichnung keinem starren Schema verfallen, sondern muss ein Spiegelbild der lebendigen und dauernd wechselnden "formgestaltenden Kräfte" (H. Müller) werden ⁴¹⁾. Die Ausprägtheit der morphologischen Kanten wechselt von der scharfen Eckform bis zur ausladenden Rundung, die Kantenzzeichnung demgemäss von der scharfen Linie über Zwischentöne bis zur Auflösung an der Stelle, wo die Scharwirkung der Schichtlinien von selbst wieder zur Geltung kommt. Im grossen Masstab werden manche Kanten bereits durch die Scharwirkung ausgedrückt, wohingegen der kleine Masstab die Kantenzzeichnung intensiviert. Die Kantenzzeichnung hat strengstens nur das auszudrücken, was Schichtlinien im jeweiligen Masstab nicht ausdrücken können. Das Denken in morphologischen Flächen und Kanten verleiht zunächst der Schichtlinienführung Sicherheit; darüber hinaus bereitet es den Weg zu einer flüssigen Darstellung, die dem wahren Spiel der Kräfte entspricht.

Nach dem Schwierigkeitsgrad der Darstellung gestuft, soll nun die Kantenzzeichnung Hand in Hand mit den notwendigen theoretischen Ueberlegungen an praktischen Beispielen gezeigt werden: zuerst an scharfkantigen Formen, dann an stumpfkantigen Formen und schliesslich an knittriger Zerkantung.

41) E. Imhof sagt zu Lucernas Kantographie: "Scharf ablehnen müssten wir jede Tendenz, irgendeine Geländeform auf Grund einer morphologischen Theorie abzuändern, also z.B. Geländeknickungen zu verschärfen": Comptes Rendus . . . , Amsterdam 1938.

II. Scharfkantige Formen

Kantenlinien - Wurzelpunkt

Wir versuchen, im Geländebeispiel Abb. 9, wo kontinuierliche Flächen und glatte Kanten vorherrschen, die Kanten direkt einzuzichnen. Darstellend geometrisch vollführen wir hierbei das maßstäblich verkleinerte Projizieren der Geländekanten auf die Grundebene und erhalten Kantenlinien (Abb. 32).

Die wenigen Linien leisten einen bemerkenswerten darstellerischen Beitrag:
 1.) Geometrisch: Die Kantenlinie legt die Verschneidung zweier durch Schichtlinien gegebener Flächen erst richtig fest. Zwischen kontinuierlichen Flächen ist der räumliche Kantenverlauf durch die zugeordneten Schichtlinienecken voll bestimmt (ausser die Kantenhöchst-, tiefst- und -rastpunkte, die zu kotieren sind). Mit der Kantenlinie wird auch die Umgebung geometrisch zweifelsfrei.

2.) Bildlich: Die Kantenlinien erweitern den Bereich der Scharwirkung. Sie ergießen sich genau in die Schwächeadern der Schichtlinienscharung und werden unter gewissen Voraussetzungen zu Kraftlinien der Schichtlinienplastik. Im Gebiete der glatten Zerkantung machen Kantenlinien die Darstellung meist bildlich zweifelsfrei.

Im Gegensatz zu den fiktiven Schichtlinien sind die Kantenlinien reale Darstellungslinien. Dieser Gegensatz ist zeichnerisch auszudrücken: hier geometrische Linienscharen von stets gleicher Strichstärke, dort ein der Natur nachempfundenes Aderwerk von wechselnd starken Linien.

Die natürliche Kantenprägung ist gegeben:

- 1.) durch den Winkel, in welchem die Flächen aneinanderstossen (nicht zu verwechseln mit dem Schichtlinienwinkel!);
- 2.) durch die Kantenschärfe;
- 3.) durch die Kantenneigung.

Um zu einer natürlich wirkenden Kantenzeichnung zu gelangen, muss jedem der drei Merkmale ein Einfluss an der Strichstärke eingeräumt werden: Je spitzer der Flächenwinkel, je schärfer die Verschneidung und je geringer (!) die Kantenneigung⁴²⁾, desto stärker die Kantenlinie. Demnach erreicht die Kantenlinie ihre maximale Strichstärke, wenn die von einem spitzen Flächenwinkel getragene Geländekante scharf ausgebildet ist und eine horizontale Stelle durchläuft.

Die maximale Kantenstrichstärke dürfen wir den stärker gezogenen Zähl-Schichtlinien (0,2mm bis 0,25mm) angleichen. Im Strichstärkenwechsel zwischen etwa 0,02mm und 0,25mm finden wir genügend Spielraum für eine natürlich wirkende Wiedergabe glatter Kanten.

42) Anm. d. Verf.: Die Stärke der Kantenlinie soll zur Dichte der Schichtlinienecken, die die Kante anzeigen, gewissermaßen in einer umgekehrten Proportionalität stehen. Daher zeichnen wir die wenig geneigte Kante, die nur durch wenige Schichtlinienecken angemerkt ist, an sich stärker als die Steilkante.

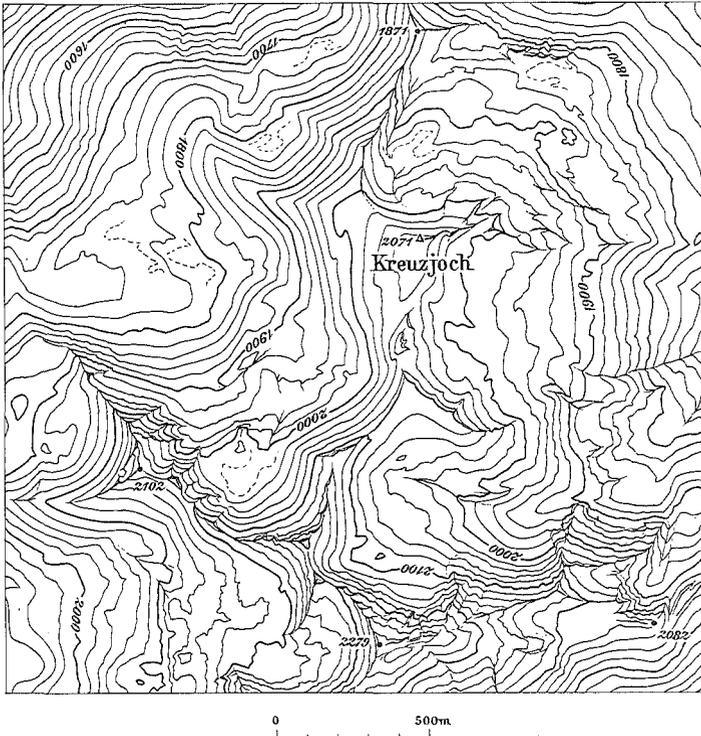


Abb. 32. Kreuzjoch 1:25.000, Äquidistanz 20 m, Kantenlinien. Vgl. Abb. 9.

Abb. 33

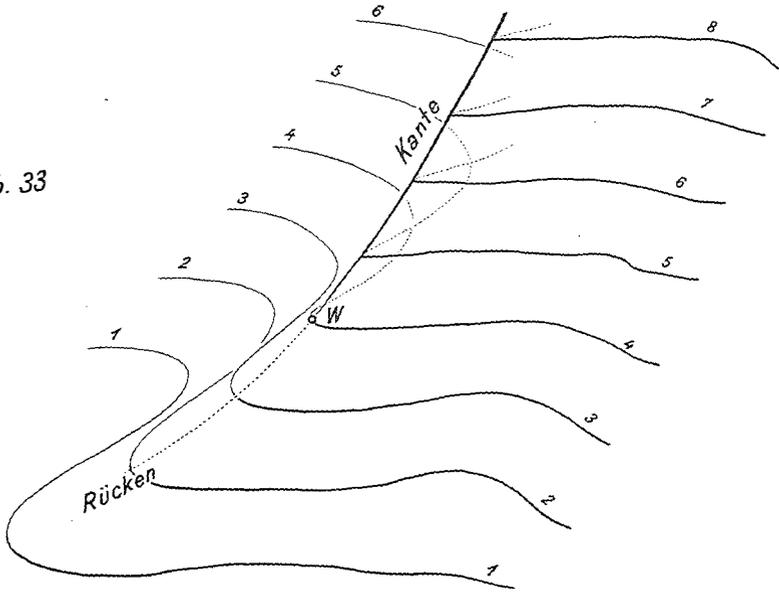
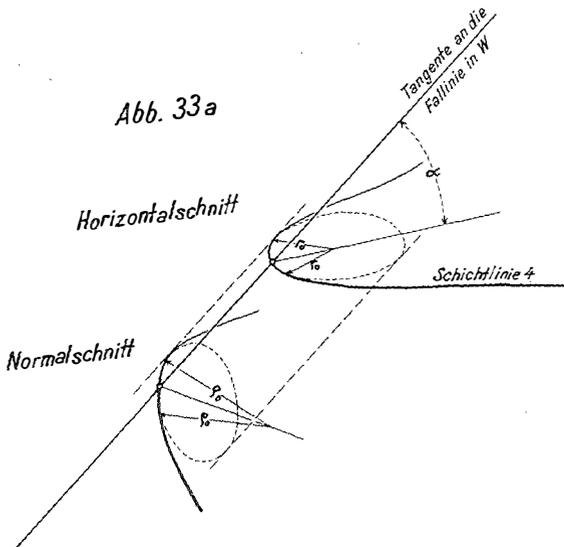


Abb. 33a



Durch jede Schichtlinienecke muss eine Kantenlinie laufen; also entscheidet zunächst die Krümmung der exakten Schichtlinie darüber, wo Kantenlinien zu zeichnen sind. Die Grenze, von der ab die Schichtlinienkrümmung bereits als Ecke erscheint, kann da angenommen werden, wo der Krümmungsradius r' gleich wird der Strichstärke der Schichtlinie (Anschauungswert). Reproduzieren wir die Schichtlinien in der Strichstärke $s = 0,1\text{mm}$ (die wir als Norm betrachten), so liegen die Wurzelpunkte der Kantenlinien an der horizontalen Gelände­krümmung mit dem Radius $r_0 = 0,0001\text{ M}$ (Meter). Entsprechend der allmählichen Formzuschärfung, wie etwa die Wandlung einer Mulde zum scharfen Graben, muss die Kantenwurzel möglichst fein ansetzen und allmählich an Stärke zunehmen.

Da wir die Kantenlinien mit der Schichtlinienform übereinstimmen müssen, ist der Wurzelpunkt zwar an eine feste Schichtlinienkrümmung gebunden, nicht aber, wie gezeigt werden soll, an eine feste Gelände­krümmung. Die Abb. 33 veranschaulicht im Schrägriss die allmähliche Zuschärfung einer Rückenform zur Gratkante, dargestellt durch die Schichtlinienschar 1-8. Angenommen, die Schichtlinie 4 beschreibt im Punkte W ihre grösste Krümmung mit $\frac{1}{r_0}$, so wird W zum Wurzelpunkt der Kantenlinie. Wir denken uns in W die Tangente an die Falllinie und verschieben sie längs der Schichtlinie 4 parallel zu sich selbst. An der entstehenden Zylinderfläche (Abb. 33a), deren Erzeugende mit dem Winkel α der Böschung in W gegen die Grundebene geneigt sind, erhalten wir die wahre grösste Gelände­krümmung in W durch den Normalschnitt zur Fall­linien­tangente. Der Schmiegekreis an die Schichtlinie in W ist durch r_0 gegeben. Bilden wir aus der Fall­linien­tangente und dem Schmiegekreis den Schmiege­zylinder, so wird dieser von der Normalebene in einer Ellipse mit den Achsen r_0 und $r_0 \cdot \sin\alpha$ geschnitten W wird zum Scheitelpunkt der kleinen Ellipsenachse und der Schmiegekreis in W an die Schnitt­ellipse ist zugleich auch Schmiegekreis an die wahre grösste Gelände­krümmung. Ihren Radius im Wurzelpunkt berechnen wir daher mit

$$r_0 = \frac{r_0^2}{r_0 \cdot \sin\alpha} = \frac{0,0001 \cdot \text{M}}{\sin\alpha} \quad (\text{Meter}) .$$

Diese Beziehung macht klar, dass je nach der Böschung im Wurzelpunkt der Radius der wahren Gelände­krümmung alle Werte zwischen $0,0001\text{ M}$ (Meter) und unendlich annehmen kann. Die Uebertreibung der wahren Gelände­krümmung in den Schichtlinien wächst in Richtung 0° mit der Sekantenfunktion und ist bei

30	$^\circ$	.....	doppelt
19,5	$^\circ$	.....	3fach
14,5	$^\circ$	.....	4fach
11,5	$^\circ$	.....	5fach
5,75	$^\circ$	.....	10fach.

Bei geringer Längsneigung kann somit eine an sich runde Geländeform eckige Schichtlinien bedingen. Wollten wir theoretisch exakt bleiben, so müssten wir Kantenlinien zeichnen, wo die Natur keinen Anlass dazu gibt. Wir werden uns in allen Fällen der Naturanschauung an-

vertrauen und u. U. Schichtlinien etwas zurunden, wenn dies morphologisch richtig erscheint⁴³).

Aus der Krümmungsbedingung für den Wurzelpunkt ersehen wir, dass das System der Kantenlinien nicht nur abhängig ist vom Masstab und von der Schichtlinien Strichstärke (die wir stabilisieren), sondern auch - vorbehaltlich gelegentlicher bewusster Einschränkungen - von der Formen-Längsneigung.

Die Kantenlinien bewähren sich nicht überall in gleich überzeugender Weise als Kraftlinien der Scharwirkung. Sie befriedigen in dieser Form nur, wo sie annähernd symmetrisch geböschte Hänge trennen. An asymmetrisch gebauten Formen lässt ihre Definitionskraft nach, besonders bei nahezu horizontalem Verlauf (vgl. Abb. 32, etwa 500m südl. Kreuzjoch). Die unterschiedliche Zeichnung schützt nicht durchaus vor Verwechslung mit den Schichtlinien. Dem beugen wir vor, indem wir den Rand der von der Kante wegstrebenen steileren Fläche mit einer feinen Keilstrichreihe versehen (vgl. nächster Hauptabsatz und Abb. 35).

Die Kantenlinien der Abb. 32 haben den leeren Schichtlinienplan der Abb. 9 zweifellos etwas topographisch verdeutlicht. Ein grosser Teil der in diesem Beispiel unmotiviert erscheinenden Schichtlinienwendungen kann aber mit scharfen Kantenlinien nicht geklärt werden, weil die Wendungen stumpfkantige Formen anzeigen.

43) Vgl. auch V. Heissler: Möglichkeiten und Vorschläge, S. 39 ff. (siehe Fussnote 4).

III. Stumpfkantige Formen

Die Topographie des Vegetationsgeländes.

a) Geometrische und kartographische Voraussetzungen.

Wo ein Uebergang kontinuierlicher Formen in kantige überhaupt stattfindet, wandert der Wurzelpunkt der Kantenlinie in der exakten Darstellung mit der Masstabsänderung. Eine Form, die z. B. im Masstab 1:5000 eine Schichtlinienkrümmung vom Radius 0,5mm hervorruft, liegt im Masstab 1:25.000 (Radius 0,1mm) bereits an der Kantenwurzel und im Masstab 1:100.000 (theoretischer Radius 0,025mm) längst im Kantenbereich. Also dringen die Kantenwurzeln gegen die kontinuierlichen Formengruppen vor, wenn der Masstab kleiner wird; sie ziehen sich zurück, wenn der Masstab wächst. Die Existenz von Kantenlinien hängt somit vom Masstab ab. Durch eine Änderung des Masstabes können Kantenlinien verschwinden oder zusätzlich entstehen.

Dem gleichen Einfluss des Masstabes unterliegen auch die stumpfkantigen Formen, die sich als Uebergangsformen zwischen die kontinuierliche und die kantige Formengruppe schalten. Verstehen wir die exakte Geländedarstellung als die Projektion des Geländes in einem bestimmten Masstab, so erscheinen die Merkmale "kontinuierlich", "stumpfkantig" und "kantig" jeweils als Funktion des Masstabes.

Der Bereich der stumpfkantigen Formengruppe erstreckt sich zwischen dem Wurzelpunkt und jener Stelle, an der die Schichtlinienkrümmung voll in die Scharwirkung zurückfindet, also zwischen den Schichtlinienkrümmungsradien 0,1mm und etwa 1,0mm. Die kartographischen Bedingungen für die stumpfkantige Formengruppe treten relativ häufiger ein, als jene für die kantige Formengruppe. Der Darstellung eröffnet sich damit ein weites Feld.

Bevor an die zeichnerische Einstufung der stumpfen Kanten gedacht werden kann, müssen die Kanten an sich festliegen. Es ist daher notwendig, eine morphologische Flächenabgrenzung ("Fazettierung") vorzunehmen und die Kanten ohne Rücksicht auf ihre Uebergangsschärfe in der richtigen Lage vorzuzeichnen, eine Massnahme, die im Falle der Luftbildkartierung und der vorhandenen Bodensicht nach der Auswertung im Hinblick der Stereobilder durchführbar ist, und im Falle der Messtischaufnahme einen festen Bestandteil des Messens und Zeichnens an Ort und Stelle darstellt. Schichtlinien (bzw. Formenlinien) und Kantenskizzierung ergeben das topographische Skelett. Es bildet die Grundlage für die Kantenzzeichnung, d. i. die systematisch abgestufte Kantenwiedergabe. Erst mit der Kantenzzeichnung sieben wir die Formen nach dem Masstab und stellen fest, ob scharfe, stumpfe oder gerundete Kanten vorliegen. Im Falle gerundeter Kanten ist zu erwarten, dass sie durch die Schichtlinienscharung allein genügend gekennzeichnet sind, es sei denn, ihre Vertikalentwicklung bleibt hinter der doppelten Äquidistanz zurück. Entsprechend der minder scharfen Prägung kommt für die Wiedergabe der abgestumpften Kanten eine Halbtonzeichnung in Betracht. Die Abstufung im Tonwert erfolgt nach den natürlichen Gegebenheiten.

Als Darstellungsmittel eignen sich:

- 1.) Halbtonlinien, die den Zeichenregeln der Kantenlinien gehorchen, für die Wiedergabe annähernd symmetrisch gebauter Formen (geschärfte Rücken und Mulden, Abb. 34a).
- 2.) Keilstrichreihen, die an der Kante betont ansetzen und sich in die steilere Fläche hinein verflüchtigen, für die Darstellung asymmetrisch gebauter Formen (Böschungsränder, Abb. 34b).
- 3.) Schraffenreihen für Verdeutlichung stumpfer Stufen bis zur etwa doppelten Äquidistanzhöhe (Abb. 34c).
- 4.) Reihen von Doppelkeilen für Verdeutlichung gerundeter Stufen bis zur etwa doppelten Äquidistanzhöhe (Abb. 34d).

Die Darstellungsmittel 2-4 nennen wir schraffierte Zusätze. Sie haben mit den gebräuchlichen Schraffen nichts gemein, ausser, dass sie streng in die Richtung der Falllinien zu zeichnen sind.

b) Beispiele

Wegen der Vielgestaltigkeit der stumpfkantigen Formen seien die Darstellungsmöglichkeiten in Geländebeispielen vorgeführt und der allgemeinen Betrachtung vorangestellt.

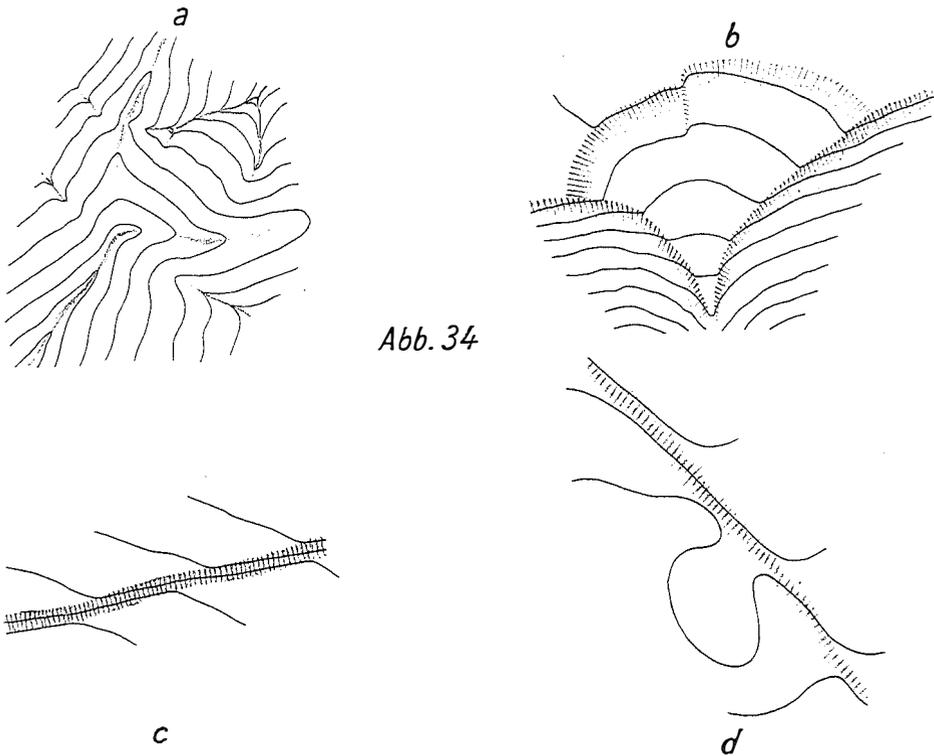


Abb. 34

1. Beispiel

Alpines Kargelände im Schiefergebirge, Abb. 35 (vgl. Abb. 8, 9 u. 32)

Die unmittelbare Wiedergabe der stumpfkantigen Formen legt das Relief des Kargeländes im Rahmen der 20m-Äquidistanz, die für den Masstab 1:25.000 als grobe Äquidistanz anzusehen ist (vgl. Abs. B.IV. a), fast vollkommen fest. Nur an wenigen Stellen sind 10m-Zwischenschichtlinien notwendig. Wir erkennen nun die morphologischen Leitmerkmale: Wenig widerständiges Gestein; Formung durch stufenweise glaziale Erosion; Spuren eines Flachreliefs auf der Höhe; gegen SW glattere und weniger geneigte Hänge, daher Gesteinseinfall in dieser Richtung.

Kleinformen, die ohne Kantenzeichnung schwer verständlich oder unverständlich bleiben würden, sind: Wechsel in der Ausprägung der Kammlinien (scharfer Grat, - geschärfter Rücken, - einseitig erodierte Kuppe); Ansätze zu Doppelkämmen (1); Karstufen und Karschwellen (2); Karränder (3); Stirnmoränen (4); Seitenmoränen (5); Karnischen (6); Karleisten (7); gesteinsbedingte Hangtreppen (8); beginnende Tiefenerosion des Wassers (9).

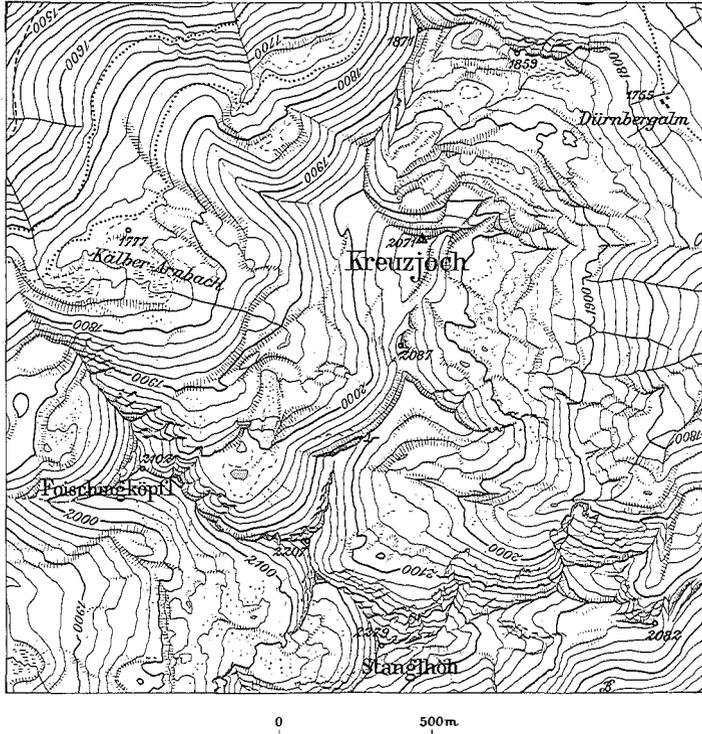


Abb. 35. Kreuzjoch 1 : 25.000, 20 m-Schichtlinien und volle Kantenzeichnung. Topographische Aufnahme und kartographische Zeichnung vom Verfasser. — Mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien.

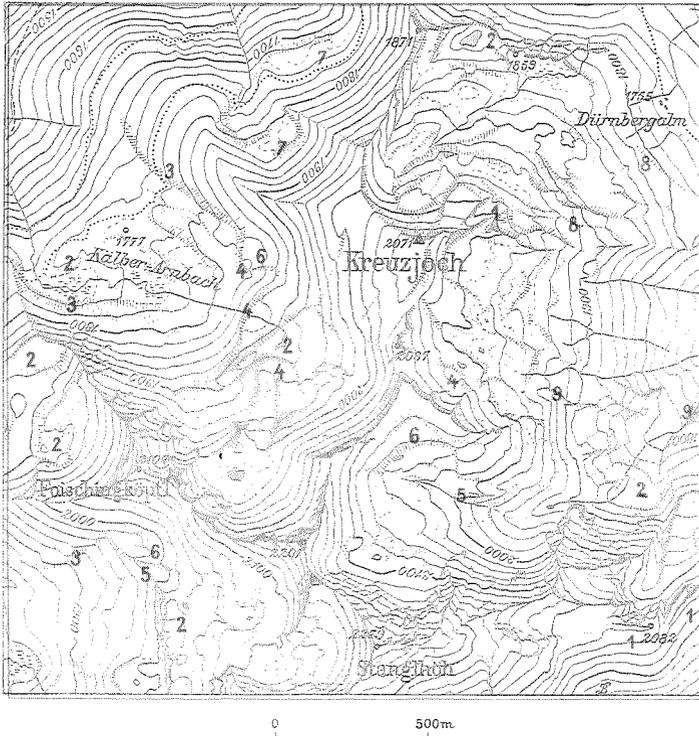


Abb. 35. Kreuzjoch 1:25.000, 20 m-Schichtlinien und volle Kantenzzeichnung. Topographische Aufnahme und kartographische Zeichnung vom Verfasser. — Mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien.

2. Beispiel

Kalkalpines Sockelland, Abb.36

Bei Ineinandergreifen mehrerer Ablagerungs- und Erosionsvorgänge gibt der leere Schichtlinienplan wenig Hinweise auf den wahren Formzusammenhang (Abb.36 links). Die Kantenzeichnung gliedert die Flächeneinheiten klar durch und lässt die morphologischen Vorgänge vermuten (Abb.36 rechts): Zwischen den Steilhängen ein mit älteren und jüngeren Ablagerungen erfülltes Becken; - älteste Ablagerung (1) (zur Breccie verfestigt) mit kahlen Anbrüchen (2), lebhaftes Kleingliederung; - aktive Schuttfläche (3) bis zur Dalsenalm, älteres Schüttniveau (4) weiter bis nördlich Rossruck; - nach Uebertiefung des Hauptgrabens (5) Einschneiden der Bäche und Entstehen der Felsklammern (6) an den Hauptstufen im festen Gestein; verlassene Klamm (7), Absägen der Schuttflächen (8).

Da sich über den grössten Teil dieser eigentümlichen Bildungen dichter Nadelwald breitet, ist es aussichtslos, das Becken der Dalsen mit photogrammetrischen Methoden allein annähernd richtig zu erfassen.

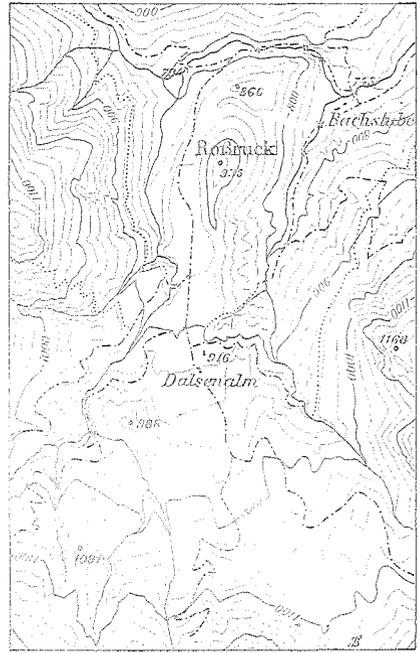
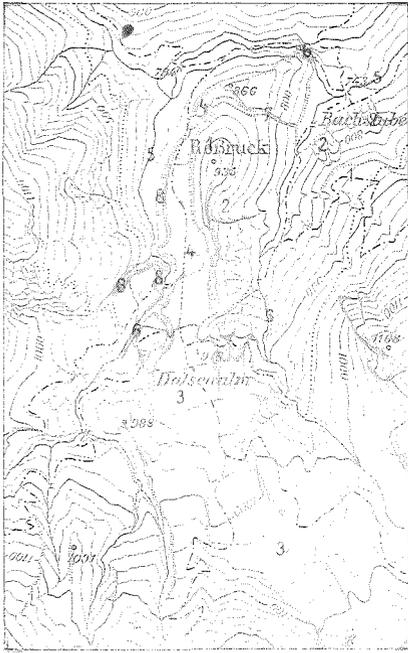


Abb. 86. Das Becken der Dalsenalm 1:25.000 in den Loferer und Leoganger Steinbergen. 20 m-Schichtlinien, 100 m-Zählkurven. Links: leere Schichtlinien; rechts: die gleichen Schichtlinien mit Kautenzeichnung. — Topographische Aufnahme und kartographische Zeichnung vom Verfasser. — Mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien.

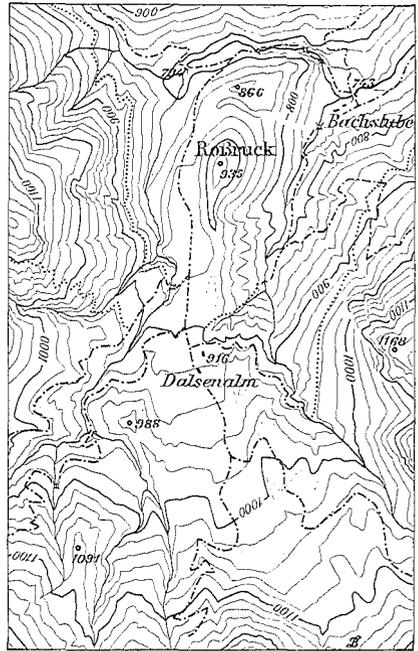
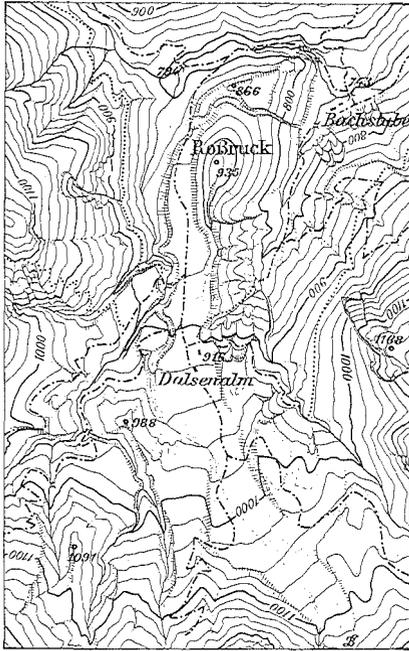


Abb. 36. Das Becken der Dalsenalm 1:25.000 in den Loferer und Leoganger Steinbergen. 20 m-Schichtlinien, 100 m-Zählkurven. Links: leere Schichtlinien; rechts: die gleichen Schichtlinien mit Kantenzeichnung. — Topographische Aufnahme und kartographische Zeichnung vom Verfasser. — Mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien.

3. Beispiel

Zentralalpine Tallandschaft, Abb. 37

Mit diesem Beispiel ist wieder das Zusammenspiel zeitlich auseinanderliegender morphologischer Vorgänge berührt, doch in andersgearteter geologischer Umgebung. Die Dürftigkeit des leeren Schichtlinienplanes geht aus der Gegenüberstellung mit der Ausführung in Kantenzeichnung hervor.

Geländeformung mit z. T. scharfen Kanten durch fluviatile Einwirkung; typische Ausbildung der Talterrassen; - höchstes (= ältestes) Niveau als kleiner Inselrest erhalten (1); - Hauptniveau (2) mit Bauerngehöften, aktiver Schuttfächer (3) des kleinen Wanglerbaches, zerschnittener alter Schuttfächer (4) des erosionskräftigen Wolfbaches; - Zersägung des Hauptniveaus durch den Wolfbach, kleiner aktiver Schuttfächer (5) des Wolfbaches bei Erreichen des tiefsten Niveaus; - Laufverlegung des Wanglerbaches an der Hauptstufe (6); - von der älteren Salzach halbiertes Schuttfächer (7) des Wanglerbaches auf das dritte Niveau (8), neuester Schuttfächer (9) dieses Baches auf das vierte Niveau (10); - vor der Salzachbrücke ein fünftes Talniveau (11) und von diesem zur Salzach eine Stufe von 2-3m.

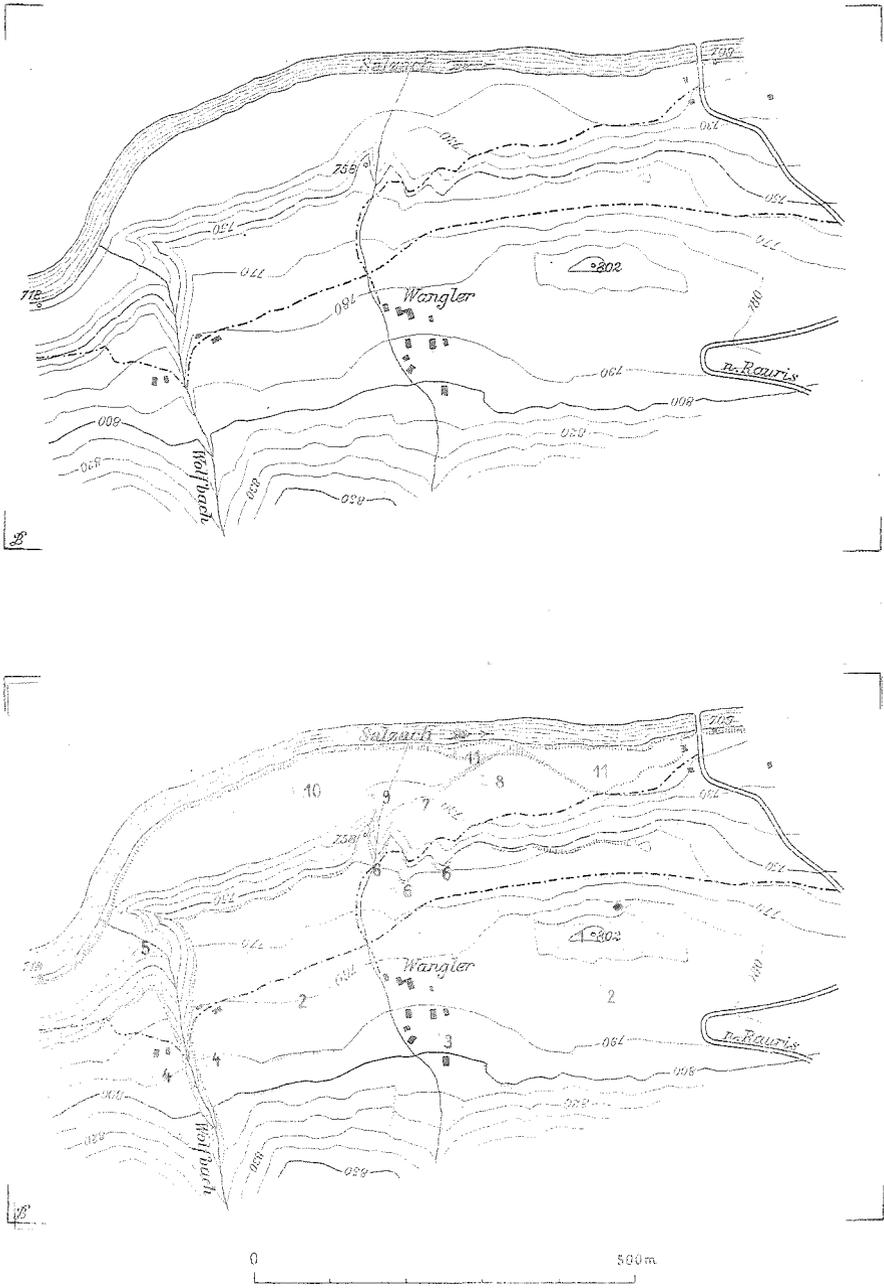
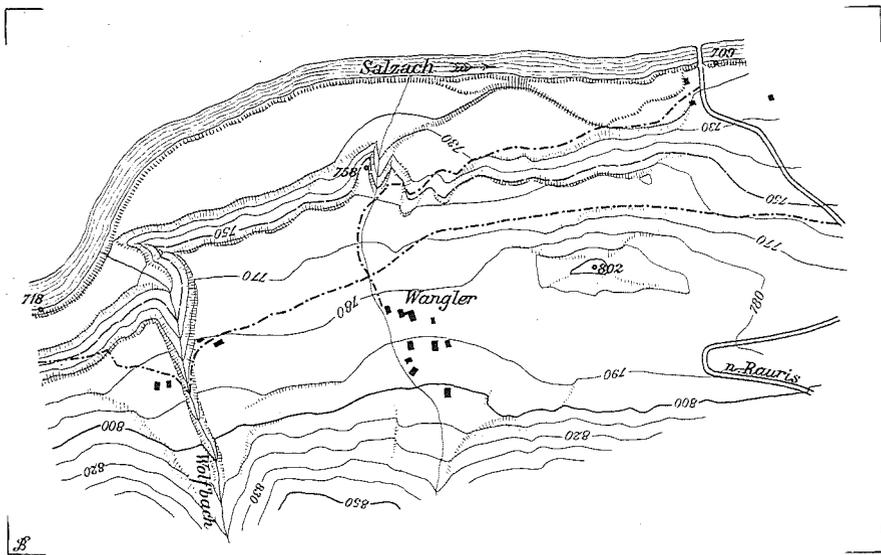
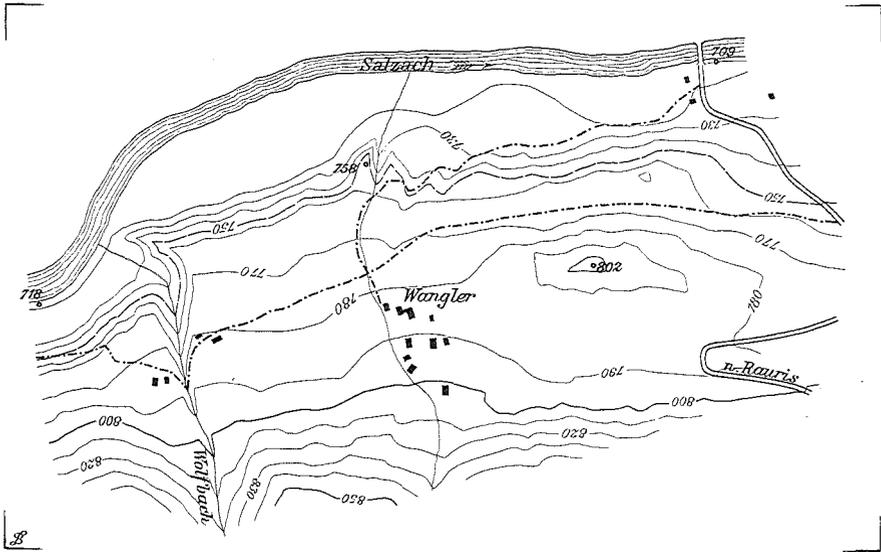


Abb. 37. Die Wanglerterrasse im Salzachtal 1:10.000. 10 m-Schichtlinien, 50 m-Zählkurven. Oben: leere Schichtlinien; unten: die gleichen Schichtlinien mit Kontenzzeichnung. — Geländecroquis und kartographische Zeichnung vom Verfasser. Höhen nach der Österr. Karte 1:25.000.



0 500m

Abb. 37. Die Wanglerterrasse im Salzachtal 1:10.000. 10 m-Schichtlinien, 50 m-Zählkurven. Oben: leere Schichtlinien; unten: die gleichen Schichtlinien mit Kantenzeichnung. — Geländecroquis und kartographische Zeichnung vom Verfasser. Höhen nach der Österr. Karte 1:25.000.

4. Beispiel

Erodiertes Hügelland im Sedimentgestein, Abb. 38

(vgl. Abb. 11 und 23)

In der Abb. 23 ist eine Schichtliniensättigung erreicht, die nicht mehr gesteigert werden dürfte, und doch empfinden wir das Gelände nicht als "dargestellt", weil viele wesentliche Formverbindungen fehlen. Die topographische Vervollständigung mittels Kantenzeichnung führt den wahren Landschaftstypus vor Augen (Abb. 38).

Das Sedimentgestein leistet der Erosion des Wassers wenig Widerstand. Die kleinen Gräben beginnen fast alle mit halbkreisförmigen Anbrüchen (1). Wo die Nachbargräben eng aneinandergeraten, wird der Rücken zum Grat geschärft (2). Die schwachen Wässer vermögen das Abwitterungsmaterial nicht wegzuräumen und begünstigen die Bildung von Talsohlen schon nahe dem Kamm (3). In Verschneidung mit den Hängen zeichnet sich der Talboden als einheitliche, aber sehr verzweigte Fläche ab (4).

Die landwirtschaftliche Nutzung dieses Hügellandes (vorwiegend Wein- und Obstbau) nimmt naturgemäss die einfachen und günstig zur Sonne orientierten Geländeteile in Beschlag, während die Nordseiten sowie die zerrissenen Flanken in Mischwald getaucht sind. Für exakte luftphotogrammetrische Geländeerfassung sind nur die beruhigteren 50% der Oberfläche geeignet. Die terrestrische Photogrammetrie versagt hier. Nach wie vor hat in solchen Landschaftstypen die Hauptlast der Geländeaufnahme der Messtischtopograph zu tragen.

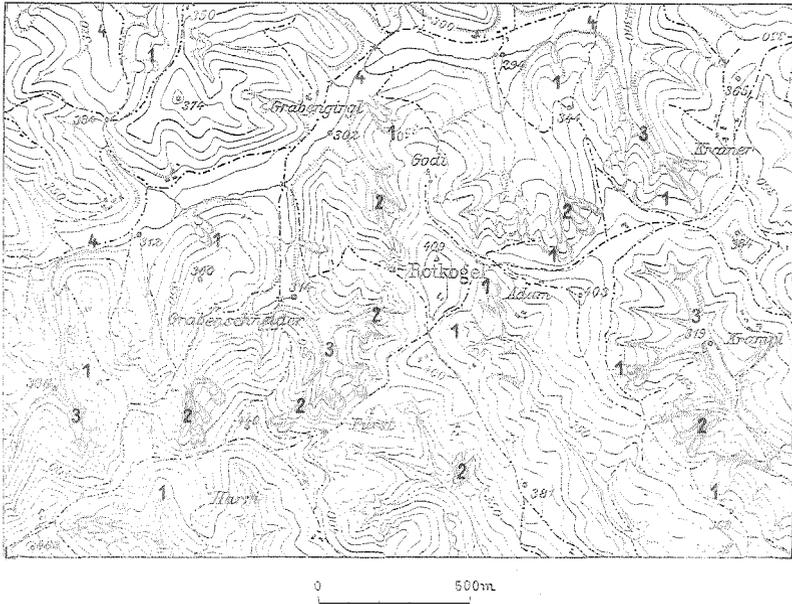
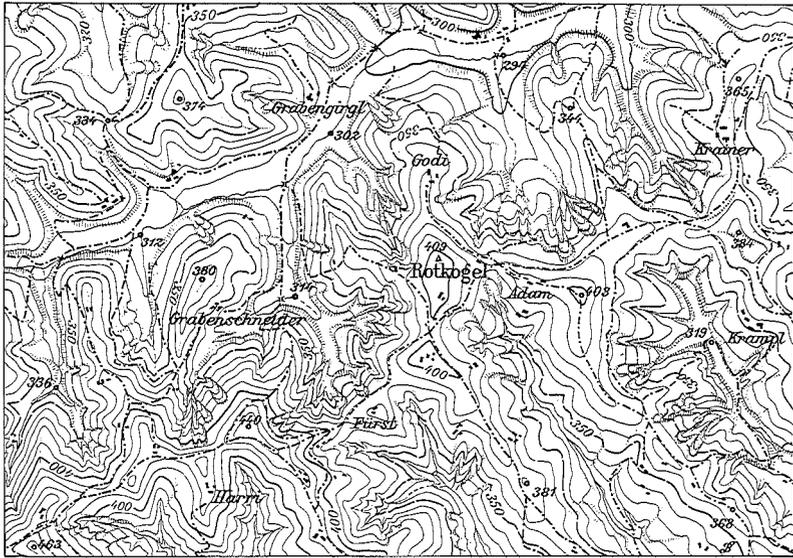


Abb. 38. Rebhügel nordwestlich Gamlitz (Südsteiermark) 1:25.000. 10 m-Schichtenlinien wie Abb. 23 mit Kantenzzeichnung. — Topographische Aufnahme und kartographische Zeichnung vom Verfasser. — Mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien.



0 500m

Abb. 38. Rebhügel nordwestlich Gamlitz (Südsteiermark) 1:25.000. 10 m-Schichtenlinien wie Abb. 23 mit Kantenzeichnung. — Topographische Aufnahme und kartographische Zeichnung vom Verfasser. — Mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien.

5. Beispiel

Ablagerungshügel in Tälern, Abb. 39

(vgl. Abb. 4)

Wie sehr verwickelt sich Hügel in Tälern gestalten können und wie gering u. U. die Definitionskraft der Schichtlinien selbst in vorwiegend gerundetem Gelände sein kann, besagt Abb. 4. Mit der Kanzenzeichnung kommt auch in das morphologische Gewirr dieser tertiären Ablagerungen (Schotter und Lehm) eine natürliche Ordnung hinein.

Positiv kantig erscheinen ein stehengebliebener Horst (1), sein kleiner Ableger (2) und einige Erosionsdreikanter (3). Die vielen kurzen, oft gar nicht bis zur Erosionsbasis reichenden Gräben (4) sind z. T. rundsohlig. Auf den Verebnungsflächen (5) lagert ein Kuppengewirr (Schotterhorizont), das gegen unten in geordnetere Rücken überleitet. Im Lehmhorizont wechselt die Formdimension schlagartig. Auf der breit ausladenden Kresbauerkuppe bringen nur einige breitsohlige Anbrüche (6) etwas Bewegung in die Flanken. Wo die relativen Höhen bedeutender sind, durchsetzt eine recht regelmäßige Muldengliederung die Hänge (7).

Der für die Vermessung nachteilige Umstand, dass die komplizierten Formen restlos von Nadelwald gedeckt sind und von aussen verborgen bleiben, wurde schon vorne erwähnt.

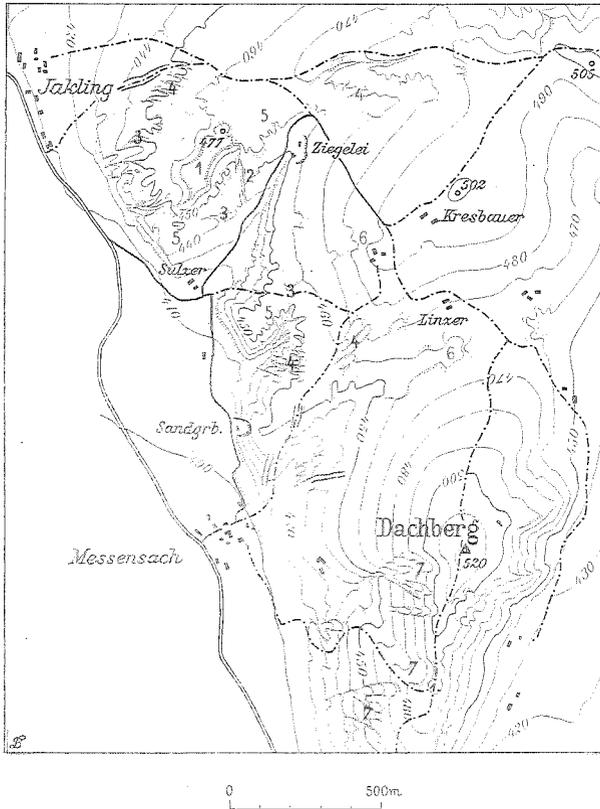


Abb. 39. Hügel im Unteren Lavantale 1:25.000. 10 m-Schichtlinien wie Abb. 4 mit Kantenzeichnung. — Aus einer topographischen Arbeit des Verfassers.

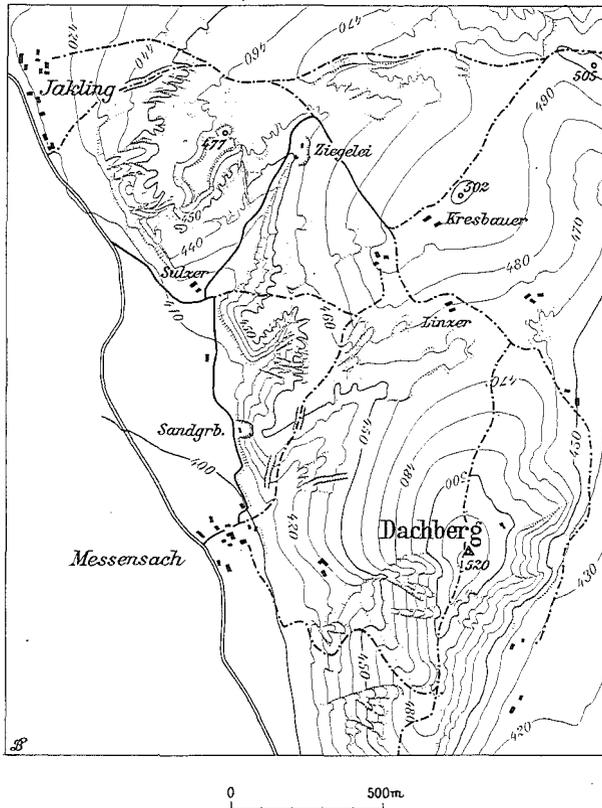


Abb. 39. Hügel im Unteren Lavanttal 1 : 25.000. 10 m-Schichtlinien wie Abb. 4 mit Kantenzeichnung. — Aus einer topographischen Arbeit des Verfassers.

6. Beispiel

Dünen Abb. 40
(vgl. Abb. 25, 26 u. 26a)

In Abb. 40 ist versucht, die vorne im Abs. B.IV. e. bereits kurz geschilderte Morphologie des Dünenlandes mit den Mitteln der Kantenzzeichnung zu veranschaulichen.

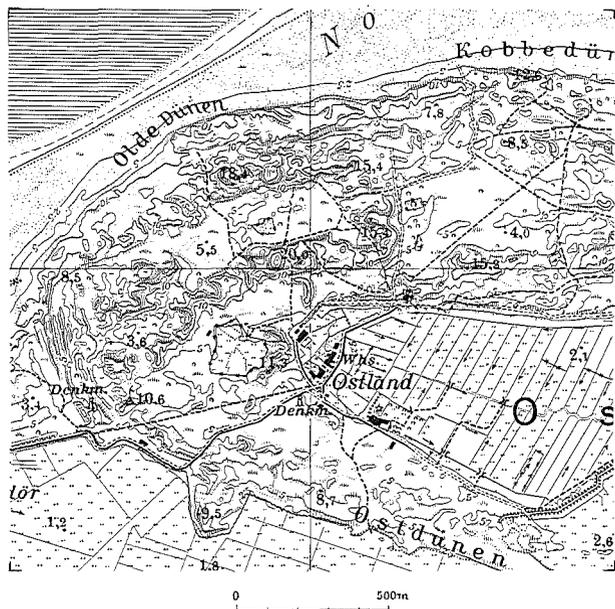


Abb. 40. Dünen auf der Insel Borkum 1:25.000. 25 m Schichtlinien wie Abb. 25 mit Kantenzeichnung; Situation und Gewässer wie Abb. 26. — Bearbeitung des Geländes vom Verfasser; Schichtlinien aus der Kartenprobe „Borkum“, Kantenzeichnung nach Stereo-Luftbildern.

c) Das Wesen der Kantenzzeichnung. - Die Bedeutung der Kantenzzeichnung für die Topographie des Vegetationsgeländes.

Die Beispiele sollen zweierlei beweisen; 1.) dass in allen Höhenlagen und in jedem Masstab die Bedingungen für eine Kantenzzeichnung eintreten können; 2.) dass die Kantenzzeichnung die entscheidenden geometrischen und bildlichen Unbestimmtheiten der exakten Schichtlinien in einfacher Weise zu beseitigen vermag.

Zu 1.) Obwohl die Beispiele vorwiegend im Masstab 1:25.000 gezeichnet sind, geht hervor, dass die exakte Darstellung der gleichen Geländeausschnitte in grösseren Masstäben ebenso eine Kantenzzeichnung bedingen würden. Die wirklich scharfen Kanten in den Dünen, im Hügelland usw. würden auch, angenommen, im Masstab 1:1000 noch als scharfe Kanten erscheinen, nur würde der Uebergang in die stumpfkantige Form und von dieser in die gerundete Form zu Ungunsten der Kantenzzeichnung verschoben werden. Dafür träten untergeordnete Formen in den Bereich der Masstabsfähigkeit (darüber noch unten!) und stellten ihrerseits Aufgaben an die Kantenzzeichnung. In der exakten Darstellung, die auf alle masstabsfähigen Formen eingeht, gibt es eine klare generalisierende Wirkung des Masstabes und es gilt auch für die Kantenzzeichnung das für die exakten Schichtlinien Gesagte, dass wohl exakte Verkleinerungen möglich sind, nicht aber exakte Vergrößerungen, weil unbekannt ist, welche Kleinformen der Originalmasstab bereits ausgeschaltet hat.

Zu 2.) Die Kantenzzeichnung ist ein geometrisch und bildlich wichtiger Beitrag zur Darstellung. - Geometrisch: Die Wirkungsweise der Halbtonlinien (an geschärften Rücken und Mulden) ist dieselbe wie die der Kantenlinien (siehe diese.) Die schraffigen Zusätze (Keilstriche usw.) an einseitigen Formen ermöglichen durch das Festhalten des Kantenverlaufes einerseits und durch die Angabe der Gefällsrichtung der steileren Fläche andererseits das Herstellen sicherer Interpolationsbeziehungen. Von beliebigen Punkten zwischen den Schichtlinien kann somit die Höhe auf einen kleinen Äquidistanzbruchteil sicher angegeben werden. Es fällt auch nicht schwer, Zwischenschichtlinien ohne grossen Fehler einzuschalten. Die Kantenzzeichnung macht also geometrisch ungenügend erläuterte Stellen des Schichtlinienplanes zweifelsfrei und leistet damit einen entscheidenden Beitrag zur allgemeinen Höhendefinition. - Bildlich: Durch die Kantenzzeichnung wird das Scharungsgesetz der grösseren Formeinheiten in Grenzen hineingestellt, innerhalb welcher sich die Scharung ohne weiteres zur Scharwirkung steigert. So ergänzt, sieht der Verlauf der Schichtlinien selbstverständlich aus, weil jede Wendung sofort in ihrer räumlichen Bedeutung verstanden werden kann. Die Kantenzzeichnung lässt aber auch kleinförmige Bildungen, die nur durch isolierte Schichtlinienschläge angedeutet sind, bildlich hervortreten und deren Scharungsgesetz vermuten. Kleine Flächeneinheiten (z. B. niedrige Absätze) oder Gruppierungen solcher (z. B. Wellflächen, Kleinrückensysteme) werden dem Bedürfnis der Geländeidentifizierung entsprechend veranschaulicht. Wo immer, ist die Kantenzzeichnung in der Lage, die masstabsfähigen Formen bildlich zweifelsfrei zu gestalten.

Zusammenfassung: Die Aufgabe der Kantenzzeichnung besteht darin, die in den Schichtlinien unzulänglich ausgedrückten Formenübergänge - und nur die Uebergänge -

ge! - charakteristisch anzumerken und allenfalls kleinste masstabsfähige Formeinheiten deutlich herauszustellen. Nichts zu schaffen hat die Kantenzeichnung mit allgemeiner Böschungs- oder Schattenandeutung. Die Böschung ist durch die homogene Scharung des landschaftsgebundenen Schichtlinienplanes gegeben; Schatten sind für die Kleinformdarstellung belanglos. Die Funktion der Kantenzeichnung ist immer eine örtlich beschränkte, rein topographische. Eine Kantenzeichnung kann nur unter dem Eindruck der Naturanschauung entworfen werden, sie ist also Angelegenheit der Topographie. Die Kantenzeichnung betreibt keine selbständige Darstellungsabsicht und bleibt ohne die Schichtlinien unverständlich.

Für die Bereiche des wechselnd kontinuierlich-kantigen Geländes darf gesagt werden: Die Kantenzeichnung bringt die darstellerische Verwirklichung aller in den exakten Schichtlinien enthaltenen Formenhinweise.

Die Darstellung glatter Kanten aller Schärfengrade ist vorwiegend ein Bestandteil der Topographie des Vegetationsgeländes, also der Topographie dessen, was uns am nächsten liegt. Bekanntlich ist die Geländedarstellung nicht alleiniger Karteninhalt. Die mitdargestellte Situation und die Kartenbeschriftung mindern die Wirkung der Geländedarstellung. Nur die voll definierte Geländedarstellung vermag das ihr zukommende Gewicht im gesamten Karteninhalt zu behaupten und kann dann auch Aufschluss geben über manche Ursachen der Situationsverteilung. Der Umstand, dass die Kantenzeichnung nicht allein dem Bilde dient, sondern auch geometrisch viel zu sagen hat, erhöht ihre Bedeutung für alle Belange der technischen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Kartennutzung. Es lohnt sich in jeder Hinsicht, vor allem das Vegetationsgelände als den weitaus beständigsten Teil des Karteninhaltes ein für allemal gründlich darstellerisch zu erfassen. Man soll sich dessen mehr und mehr bewusst werden, dass exakte Schichtlinien für sich geometrisch und bildlich meist etwas Unfertiges vorstellen und dass mit praktisch gleichem Kostenaufwand ebensogut etwas Fertiges hergestellt werden kann (vgl. Abs. D. II und Kartenbeilagen).

Die heutige Originalkartographie scheut sich noch, den Notwendigkeiten gebührend Rechnung zu tragen. Im günstigen Falle lässt man zu den exakten Schichtlinien des Vegetationsgeländes lagerichtige schraffierte Andeutungen von Kleinstformen treten⁴⁴⁾. Im Normalfall reproduziert man noch immer "generalisierte" (künstlich geglättete) Schichtlinien und unterdrückt - einer veralteten Manier folgend - den entscheidenden Teil der masstabsfähigen Kleinformen, wobei man aber auch manchen Grossformwechsel durch Abrundung entsteht⁴⁵⁾. Schraffierte Zusätze für Einrisse, Ackerränder u. dgl. sind nur als Signatur aufgefasst (vgl. Abb. 27). Diese Karten erzielen gefällige Geländebilder, verwischen aber entscheidende Tatsachen. Man weiss nicht, wo man den glatten Isohypsen trauen darf, und wo

44) Uebersichtspläne und Landeskarten der Schweiz; Karten des Alpenvereines. - Systematisch dargestellte Böschungsränder finden wir in Karten von L. Aegerter; vgl. Alpenvereinskarten des Karwendelgebirges 1:25.000, Inntalrassen.

45) Österreichische Karten 1:25.000 und 1:50.000; Topographische Karten von Deutschland u. v. a. - Ein Beispiel aus der Österr. Karte 1:25.000, Umgebung von Innsbruck: Inntalrassen und Sillschlucht können aus der Karte nicht als das Charakteristische für die Umgebung von Innsbruck erkannt werden. Die Steilabbrüche zur Sill und zum Rutzbach - in der Natur auf weite Strecken scharfgeprägte Linien - gehen in den weichen Kurven der zwischen 20m und 10m wechselnden Schichtlinien völlig verloren; ein Beweis dafür, wie die Generalisierung im Kleinen und der Äquidistanzwechsel die Wiedergabe der Grossformen lahmen.

nicht. Die an leicht denudierenden Oberflächen wirklich vorhandenen Rundformen werden in der kartographischen Darstellung erst dann echt wirken, wenn auch das Eckige und Verworrene anderer Geländetypen realistisch wiedergegeben ist⁴⁶⁾.

Die bisher behandelte Kantenzeichnung bereitet (mit Ausnahme der Dünen) keine ernsthaften topographischen oder kartographischen Schwierigkeiten. Glattkantige Formen sind einfache Erscheinungen und ihre Darstellung ist von der Natur meist klar vorgeschrieben. Das Kantenprinzip wird erst dann problematisch, wenn knittrige Zerkantung um sich greift, wie dies vorwiegend in der Felslandschaft der Fall ist.

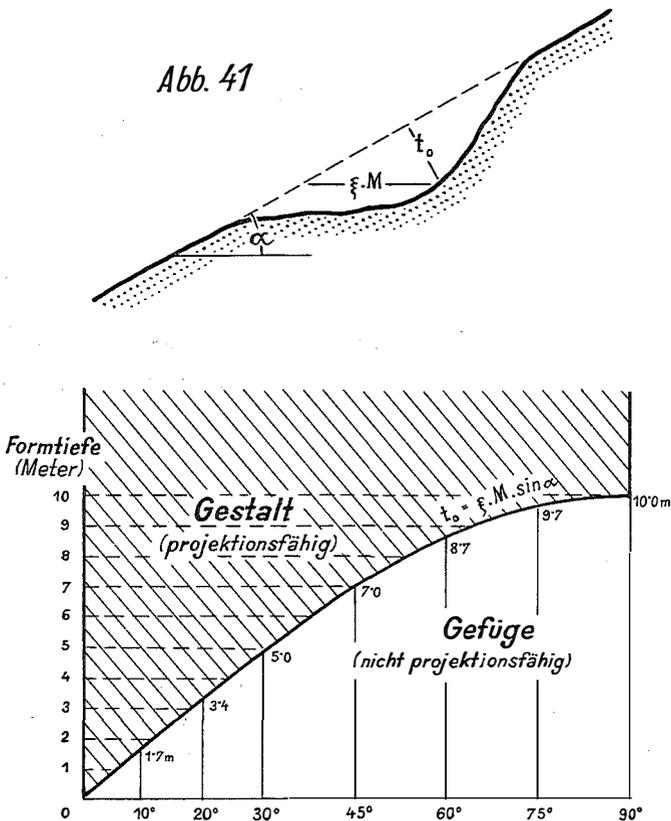


Abb. 42. Kurve der Schwellenwerte für den Maßstab 1:25.000. — Die Schwellenwerte ändern sich bei Übertragung in einen anderen Maßstab proportional der Maßstabszahl M.

46) Zwecks Anbahnung nötiger Reformen bildete sich 1940 beim Reichsamt für Landesaufnahme, Berlin, ein Sonderarbeitskreis "Topographisch-Morphologische Kartenproben". Auf Grund exakter Isohypsen sollten im Maßstab 1:25.000 Kartenproben von 30 verschiedenen Landschaftstypen Deutschlands bearbeitet werden. Bis 1944 sind 3 Kartenproben erschienen; vgl. Abb. 26. Der Kriegsverlauf hat die Tätigkeit dieses Arbeitskreises stillgelegt. Unter anderen organisatorischen Voraussetzungen hat nun die Forschung erfreulicherweise wieder eingesetzt. 1953 ist die erste Kartenprobe nach dem Kriege, das Blatt "Soierngruppe" erschienen; vgl. Abb. 48.

IV. Knittrige Zerkantung

a) Die Masstabsschwelle.

Knittrige Zerkantung nimmt den Schichtlinien allen Anschauungswert (vgl. Abb. 13). Durch Beimengung natürlicher Liniengruppen kann eine beschränkte Anschaulichkeit hergestellt werden, doch ist eine widerspruchsfreie Lösung ohne ein bis zum letzten verfolgtes Kantenprinzip unmöglich.

Die Hauptschwierigkeit liegt in der Zusammenballung von Kanten jeglicher Größenordnung, jeglicher Ausprägung und jeglicher Raumlage. Es gibt keinen Maßstab, der fähig wäre, alle Flächenknitterungen objektiv zu verzeichnen. Das Erkennen dieser Grenze, bis zu welcher solches möglich scheint - wir nennen diese Grenze die *Masstabsschwelle* -, aber ist für die Erfassung der *Gestalt Voraussetzung*.

Deutlich wird die Masstabsschwelle durch die Frage der praktisch möglichen Projizierbarkeit kleinster Formen. Ein Teil der kleinsten Formen fällt der Plumpheit der kartographischen Ausdrucksmittel zum Opfer, ein weiterer Teil geht verloren durch die differentielle Unsicherheit in der stereophotogrammetrischen Markenführung. Aussicht auf systematische Erfassung haben erst Kleinformen, die die Schichtlinien mindestens um den absoluten Betrag der Kartierungsgenauigkeit $\xi = 0,4\text{mm}$ pendeln lassen (realer Schichtlinienausschlag).

Für die Vervollständigung des topographischen Begriffes "kontinuierlich" (oder "ausgeglichen") folgt daraus: Kleinformen, die in ihrer horizontalen Formkomponente unter dem Maß $\xi \cdot M$ bleiben, liegen gemeinhin jenseits der Masstabsschwelle. Die Ausgeglichenheit der übergeordneten morphologischen Fläche wird durch sie nicht gestört, gleichgültig, ob die Geländefeinbewegung an sich welliger oder scharfkantiger Natur ist.

Nach Abb. 41 beträgt die Formtiefe t_0 , die im Hang mit der Böschung α gerade noch einen realen Schichtlinienausschlag erzielt, $t_0 = \xi \cdot M \cdot \sin\alpha$; d. h. mit zunehmender Böschung nähert sich das t_0 dem Maß $\xi \cdot M$. Im Masstab 1:10.000 müssten z. B. demnach an einer 70grädigen Steilwand Felsvorsprünge von 3,6m geometrisch bereits übergangen werden und im Masstab 1:25.000 solche von 9m Relativausmass. In der kubischen Verkleinerung des Masstabes spielen solche Abmessungen nur mehr die Rolle einer geometrisch nicht mehr zu fassenden Rauigkeit.

Damit schliessen wir weiter auf die Kantenglätte: Flächen, deren Knitterungen jenseits der Masstabsschwelle liegen, können in gegenseitiger Verschneidung auch keine mit masstabfähigen Knickungen behaftete Kanten hervorbringen. Masstabfähige Knickungen einer Kantenlinie drücken sich aus in der Häufung von Knotenpunkten, wo wieder flächentrennende Kantenlinien abstrahlen müssen.

An sich knittrige Steilflächen und Steil-Kanten treten mithin weit eher in den Bereich der masstäblichen Ausgeglichenheit als weniger geneigte Flächen und Kanten. Die Vernachlässigung betrifft alle nachgeordneten halbkubischen Formen, die in ihrer (auf die Durchschnittsböschung der Fläche oder Kante bezogenen) Formtiefe kleiner sind als das Produkt

$\xi \cdot M \cdot \sin \alpha$. Die Grenze ist ersichtlich aus der Kurve der Schwellenwerte (Abb. 42). Eine exakte Projektion von Formen des Relativausmasses $t = \xi \cdot M \cdot \sin \alpha$ ist im allgemeinen gesichert. Für die Projektionsfähigkeit selbständiger Formen (Türme, Klippen, Scharfen) muss wohl der doppelte Schwellenwert vorausgesetzt werden.

b) Das topographische Skelett der Felslandschaft.

Die Formausscheidung und die Formvereinfachung, die der Masstab vorschreibt, zwingen zum Studium der Felslandschaft vom Standpunkt der Kantenentwicklung.

Man wird drei Hauptgruppen von Kanten zu unterscheiden haben:

System I, tektonisch bedingte Hauptkanten (die grossen Kamm- und Abflusslinien, Bruchstufen, Bergfüsse);

System II, geologisch-petrographische Gefügekanten;

System III, Abwitterungskanten.

Die Systeme II und III bilden zusammen die Gruppe der Sekundärkanten.

Am leichtesten zu überschauen ist die Reliefwirkung der Systeme I und III, weil sie der Hauptsache nach den Faktor der Abtragung gemeinsam haben und nur in der Grössenordnung verschieden sind. Die Abtragung strebt im allgemeinen nach Gleichgewicht in der Massen- und Neigungsverteilung. Die dem inneren Gebirgsbau entspringenden Gefügekanten wirken einer schweregesetzlichen Ordnung des Reliefs je nach der Gesteinslagerung und -klüftung und je nach der Gesteinswiderständigkeit verschieden heftig entgegen und machen das Relief erst richtig kompliziert. Sie tragen in die Felslandschaft den eigentlich charakteristischen Zug hinein.

Diese knappen Hinweise auf Felskanten mögen hier genügen. In der Kantenzeichnung ist nun folgendes zu beachten:

Die positiven Hauptformen als übergeordnete Verschneidungen der morphologischen Grossflächen sind häufig nicht sehr ausgeprägt oder sie sind ungeheuer verwickelt (vgl. Abb. 13, Fleischbank-Nordgrat). Für eine beherrschende Kantenlinie fehlen dann die Voraussetzungen und wir müssen, den Tatsachen Rechnung tragend, die Hauptform mit untergeordneten Darstellungselementen "erschlagen". Aber auch wenn scharf ausgeprägt, genügt die Kantenlinie meist nicht, um einen Felskamm seiner Bedeutung entsprechend herauszuheben. Wir erkennen, dass zur Verdeutlichung des grossen Reliefs die reine Kantenzeichnung nicht ausreicht und kartographische Aushilfen notwendig sind. Daher halten wir uns in der topographischen Wiedergabe objektiv an die örtlichen Gegebenheiten. Die grossen Negativformen laufen wesentlich geordneter ab. Sie versetzen die Kantenzeichnung selten in Verlegenheit.

Die sekundäre Zerkantung stört die Ausgeglichenheit der Flächen und Kanten höherer Ordnung. Das ist nur solange bedeutsam, als die Störung in masstabsfähigen Abmessungen vor sich geht. Sekundärkanten können selbstredend Masstabsfähigkeit erreichen, im Masstab 1:50.000 wird bereits der Grossteil hinter die Masstabsschwelle getreten sein. Im ersten Falle gewinnen Sekundärkanten auf die Schichtlinien systematischen Einfluss, im anderen Falle muss ihre Existenz vom geometrischen Gesichtspunkt aus übergangen werden.

Den sicheren Anhalt für die Kantenkartierung gibt die exakte photogrammetrische

Schichtlinienkartierung. Je zerklüfteter ein Gelände ist, desto widerspruchsvoller verlaufen die Schichtlinien, desto wichtiger aber sind für die exakte Geländedarstellung ihre letzten masstabsfähigen Einzelheiten. Ihre Ecken zeigen an, wo räumlich bedeutsame Kanten hindurchlaufen müssen, und umgekehrt verweisen die Schichtlinien durch Nichtreagieren auf zerkantete Stellen auf die Winzigkeit der dort vorhandenen Formen. Der exakt gearbeitete Schichtlinienplan registriert automatisch alle Formen bis herab zur Masstabsgrenze. Zeichnen wir durch alle Schichtlinienecken die den Tatsachen entsprechenden Kantenlinien, so entsteht das topographische Skelett der Felslandschaft. Diese blossen Kanten-Feststellung holt aus dem Formenüberfluss die masstabsfähige Felsgestalt im Einklang mit den Schichtlinien hervor.

c) Die Felskantenzeichnung.

Der Kanten-Feststellung folgt die innere Abstufung der Kantenlinien entsprechend den natürlichen Gegebenheiten und mit Rücksicht auf die Kanten-Zeichenregel (siehe Abs. C II). Eine Felskantenlinie kommt zustande: 1.) als Wiedergabe einer in der Natur wirklich scharf geprägten Linie, 2.) als Resultierende aus der Formensiebung des Masstabes, einen Wirrwarr von Kleinformen symbolisierend. Im ersten Falle wird die Kante als entsprechend scharfe Linie gezeichnet, im zweiten Falle als wechselnd knotige, auch unterbrochene Linie. Allgemein gilt es, innere Kantenmerkmale in der Strichführung auszudrücken. Wenn unklar, ob eine Kantenlinie am Platze ist, überlässt man den Formausdruck besser der Gefügezeichnung (siehe unten). Zurückhaltung in der Kantenzeichnung ist geboten, damit die wirklich hervorstechenden Formen zur Geltung kommen. Zusammen mit dem Scharungersatz an Steilwänden (siehe Abs. B V. b) erzielen die wenigen, aber richtig sitzenden Kantenlinien doch eine bemerkenswerte dreidimensionale Gliederung des Felskörpers. Die einzelnen Bauglieder, nun durch Kanten getrennt und durch verschiedenen unruhigen Schichtlinienflächen charakterisiert, ordnen sich bereits einem grösseren Ganzen organisch ein. Kurze Unterbrechung der Schichtlinien an tiefen Rinnen und scharfen Ansatzkanten erhöht die Deutlichkeit der Gliederung. Im Fels ist mit der geometrischen Kantenzeichnung noch keine hinreichende Wiedergabe der Flächenknitterung zu erreichen; die befriedigende Flächencharakteristik erzielt erst die Gefügezeichnung (siehe unten).

Geometrisch bedeuten exakte Schichtlinien und Felskantenzeichnung das Endstadium der Felserfassung. Die Kantenlinien schaffen die klärenden vertikalen Formverbindungen und sind Leitlinien der Höheninterpolation. Wegen der nicht mehr ausdrückbaren Unregelmässigkeiten können wir für beliebige Punkte des Felsgebietes nur mit einer durchschnittlichen Höhensicherheit von etwa der Äquidistanzhälfte rechnen. An nahezu senkrechten Bildungen (Türme, Klüfte, Wandvorsprünge u. dgl.) ergeben sich naturgemäss grössere Höhenunklarheiten, die nicht immer durch Kotierung beseitigt werden können. Im "passiven Fels" (verfelste Hänge, Schrofen, Bratschen) ist die durchschnittliche Höhendefinition u. U. gleich scharf wie im stumpfkantigen Gelände.

d) Gletscher.

Die stark veränderlichen Oberflächenformen "Firn und Eis", die zusammen den Gletscher ausmachen, sollen hier nur kurz gestreift sein. Die Aufgaben der Darstellung liegen im Gletschergebiete so offen zutage, dass man seit je versucht hat, als Zusatz zu den Schichtlinien die natürlichen Kanten ohne viel Flächenschraffur nachzuzeichnen. In diesem Sinne ist der Gletscher das klassische Feld der Kantenzeichnung.

Vom Standpunkt der Kantenentwicklung stellen wir folgendes fest: Der Firn hält mit glatten Flächen die höchsten Gebirgsteile besetzt. Auf Kämmen neigt er zur Ausbildung von scharfen, glatten Positivkanten (Firngrate, Wächten). Negative Kanten fehlen ganz. Das aus dem Firnbecken abfließende Gletschereis zerreisst über Gefällsstufen, schliesst sich aber wieder, wenn der Spannungsgürtel überwunden ist. Je weiter talab, desto deutlicher zeigt sich in der Zunge ein von verschiedenen alten Schichtlagen und der Flussbewegung herrührendes Gefüge (Textur). Das Gletschereis ist bestrebt, kontinuierliche, gegen die Mitte des Stromes sich vorwölbende Formen zu bilden.

Die Wiedergabe der knittigen Zerkantung des Eisbruches braucht sich nicht ängstlich an die augenblicklich bestehenden Einzelformen zu klammern, soll aber ein Bild der örtlich unveränderlichen Spaltengürtel bringen.

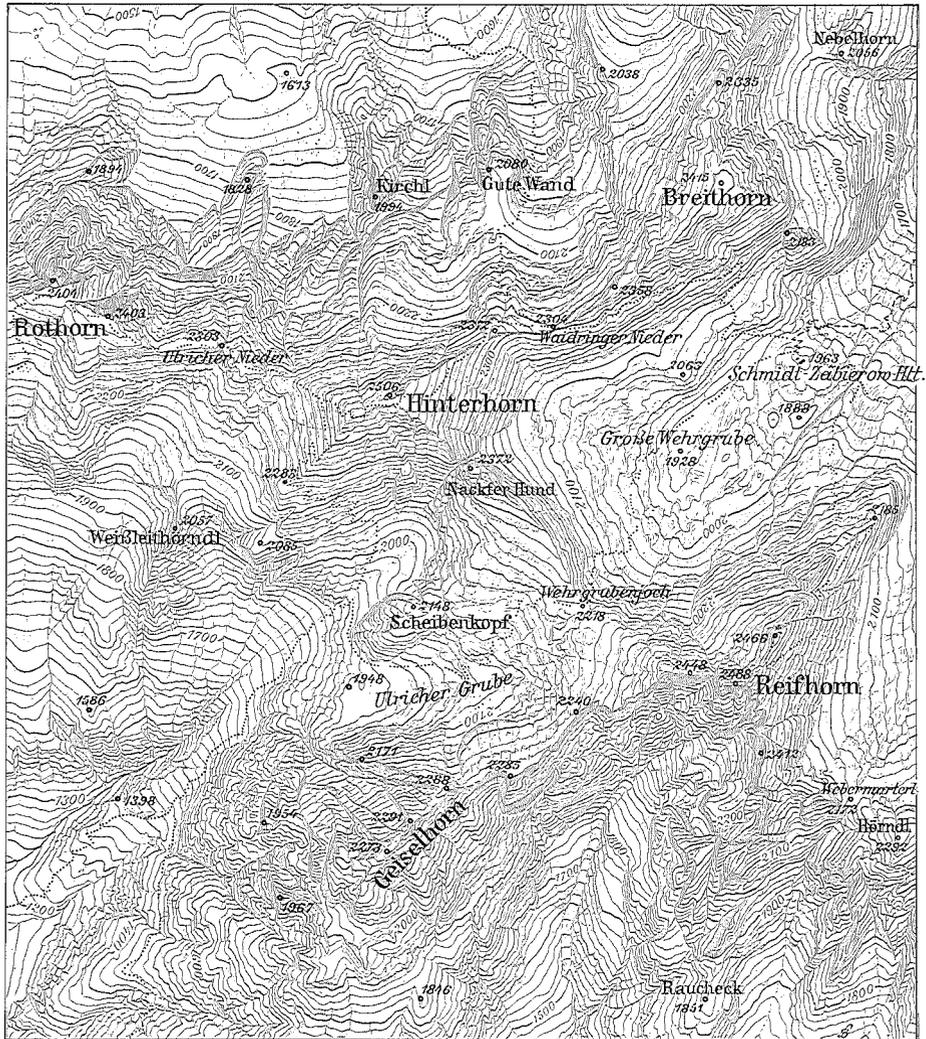


Abb. 43. Kalkhochgebirge (Loferer Steinberge) 1:25.000, Äquidistanz 20 m. 100 m-Zählkurven, Kantenzzeichnung, Gefügezeichnung, ab 75° Scharungersatz. — Der Gesteinsunterschied kommt sowohl in der Schichtlinienführung als auch in der Zusatzzeichnung einigermaßen zum Ausdruck. Am Gebirgssockel Dolomit, am Gebirgsoberrand gebankter Dachsteinkalk; glaziale Erosion und Verkarstung, vielfältige Felsformen. Einige typische Formenmerkmale: horizontal gebankte Felshänge (1), schräge Bankung (2) im Schrägverlauf ohne Schichtlinien nicht darstellbar, verkarstende Karmulden im gebankten Gestein (3) und am Übergang zum Dolomit (4), Plattengürtel (5), Schulterformen am Übergang zum Dolomit (6), Stufengliederung (7), dolomitische Zertürrung (8) ohne Schichtlinien und Kantenzzeichnung nicht lagerichtig darstellbar, Dolomittrinnen (9). — Mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- u. Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien. — Vgl. die Abb. 44 bis 46.

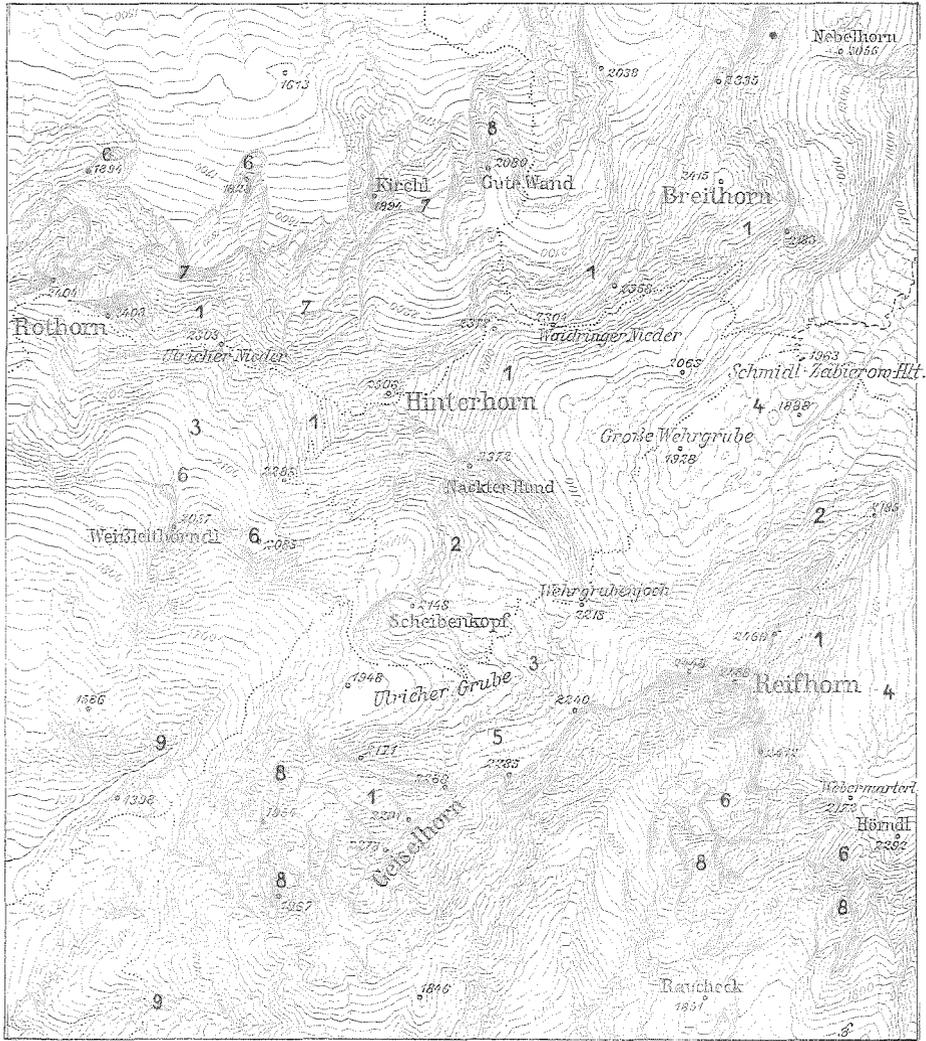


Abb. 45. Kalkhochgebirge (Loferer Steinberge) 1:25.000, Äquidistanz 20 m, 100 m-Zählkurven, Kantenzzeichnung, Gefügezeichnung, $\alpha = 75^\circ$ Scharungersatz. — Der Gesteinsunterschied kommt sowohl in der Schichtlinienführung als auch in der Zusatzzeichnung einigermaßen zum Ausdruck. Am Gebirgssockel Dolomit, am Gebirgsoberrbau gebankter Dachsteinkalk; glaziale Erosion und Verkarstung, vielfältige Felsformen. Einige typische Formenmerkmale: horizontal gebankte Fels­hänge (1), schräge Bankung (2) im Schrägverlauf ohne Schichtlinien nicht darstellbar, verkarstende Karmulden im gebankten Gestein (3) und am Übergang zum Dolomit (4), Plattengürtel (5), Schulterformen am Übergang zum Dolomit (6), Stufengliederung (7), dolomitische Zertümmung (8) ohne Schichtlinien und Kantenzzeichnung nicht lagerichtig darstellbar, Dolomitrinnen (9). — Mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- u. Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien. — Vgl. die Abb. 44 bis 46.

V. Die Gefügezeichnung.

Der jenseits der Masstabsschwelle bestehende Formenschatz, das Oberflächengefüge, gewinnt mitunter wesentliche topographische Bedeutung. Die Wiedergabe des Gefüges dient zur Erleichterung der Geländeidentifizierung und zur Beurteilung der Oberflächenrauigkeit bzw. der Geländebegehbarkeit und -befahrbarkeit.

Der Bereich der Gefügezeichnung wechselt wie der Bereich der Kantenzzeichnung mit dem Masstab. Ein Beispiel: In der Dünendarstellung 1:5000 werden 1m-Schichtlinien mit eingeschränkter Kantenzzeichnung topographisch genügen; in der Darstellung 1:25.000 (topographischer Grenzmasstab, vgl. Abb. 40) spielt die Kantenzzeichnung als Zusatz zu den zweieinhalb-Meter-Schichtlinien die entscheidende Rolle für ein verständliches Abbild; in der Darstellung 1:100.000, wo vielleicht in relativer Exaktheit 5m-Schichtlinien gerade noch untergebracht werden können, sind Dünen grösstenteils eine masstäblich nicht mehr fassbare Bodenrauigkeit und daher auch Sache der Gefügezeichnung.

Ähnlich verhält es sich mit dem Felsgefüge. Mit zunehmendem Masstab werden - absolut genommen - immer kleinere Flächen geometrisch erfasst; d. h. in grösseren Massstäben hat die Gefügezeichnung weniger zu sagen, als in kleineren. An glatten Felsbuckeln oder Felshängen, die mittels Schichtlinien bereits definiert sind, fällt die Gefügezeichnung ausser Betracht.

Geometrisch gesehen ist die Gefügezeichnung ohne Rang. Linienzüge der Kantenzzeichnung müssen mit den Schichtlinien in ursächlichem Einklang stehen: Kantenlinien können Schichtlinien nur an scharfen Wendungen schneiden. Gefügelinien schneiden hingegen Schicht- und Kantenlinien beliebig nach dem in der Natur vorgezeichneten Oberflächenornament.

Die Gefügezeichnung besteht aus frei nachempfundenen Linien, Schraffen und Punkten (Abb. 43). Ihr Darstellungsinhalt ist:

- 1.) Symbolisierung der masstäblich nicht fassbaren Gefügekanten;
- 2.) indirekte Betonung von horizontalen Stufen und abgestumpften Kanten;
- 3.) Andeutung von Trümmern, Geröll und Sand;
- 4.) Symbolisierung der Texturbildung und der Kleinspalten im Eis.

Da geometrisch ranglos, setzen wir Gefügezeichnung mittels feinst- oder gerasterter Linien auf Halbton.

Im Steilraum ist für Gefügezeichnung kein Platz. Steilstwände sind durch den Schärungersatz (vgl. Abb. 30 u. 31) bereits deutlich herausgeschnitten und charakterisiert. Unterhalb etwa 65° Durchschnittsböschung lassen grobe Äquidistanzen eine Andeutung des Gefüges zunächst in bescheidenem Masse zu. Mit abnehmender Felsböschung gewinnt die Gefügezeichnung an Wichtigkeit. Das flache Felsödland (Kare, Gipfelfluren, Karst) und das flache Blankeis (Gletscherzungen) können im Verein mit den wenigen realen Kantenlinien topographisch nur mit Gefügezeichnung vervollständigt werden (vgl. Abb. 43, Ulricher Grube, Grosse Wehrgrube)

Knitterflächen in masstäblicher Ausgeglichenheit (vgl. Abs. C.IVa) erscheinen als Flächen mit Gefügezeichnung. Es gibt aber auch wirklich ausgeglichene Flächen als Träger der Gefügezeichnung: Die Schuttflächen. Sie werden mit Punkten gekennzeichnet, die symbolisch über Fallrichtung und Grösse der Blöcke ohne Neigungstönung Aufschluss geben.

Grundsätzlich hat die Gefügezeichnung wieder nur das auszusagen, was durch andere Darstellungsmittel noch nicht ausgesagt ist. Für sich allein ist die Gefügezeichnung ein Schleier feiner Linien und Punkte ohne selbständige Darstellungsabsicht. Sie betreibt weder systematische Flächenfüllung noch Böschungsandeutung; sie ist bloss ein Gradmesser der Oberflächenknitterung bzw. der Oberflächenrauigkeit.

Methodisch ähnelt die Gefügezeichnung nur im flachen Gelände der konventionellen Felsstrichzeichnung. Im allgemeinen ist die Gefügezeichnung als einfacher, böschungs- und schattenloser topographischer Zusatz gedacht, der allerdings auf durchgreifender geometrischer Vorbereitung fusst. Das so entstandene Bild (Abb. 43) wirkt zunächst ungewohnt, vermittelt aber sofort den Grad der örtlichen Geländezerissenheit und beinhaltet bei genauem Zusehen an jeder Stelle alles, was zur Beurteilung des Geländes und für die Zurechtfindung notwendig ist.

Unbefriedigt lässt die Plastik. An Kämmen ist es schwierig, die Kammlinie herauszufinden.

VI. Die morphologische Schummerung

Die vollständige topographische Definition genügt nicht zum raschen Erkennen der groben Reliefformen. Verwickelte Gliederungen und vor allem die kleineren Masstäbe erfordern eine kartographische Nachhilfe.

Zur Veranschaulichung des groben Reliefs eignet sich eine leichte Schummerung, tonlich etwa in der Stärke der Schummerung auf der Landeskarte der Schweiz 1:50.000, Ausgabe 1940. Nach dem Grundsatz "nichts zweimal sagen" befasst sich die Schummerung nicht mit Einzelheiten.

Die vor Augen geführte topographische Darstellung, die in sich ganz auf Förderung der den Schichtlinien anhaftenden Scharungsplastik aufgebaut ist, bedarf zur Erzielung der generellen Reliefwirkung nur geringstfügiger Anstösse. Wir können uns auf Schummerstreifen beschränken. Sie setzen grundsätzlich am Flächenbruch der steileren Fläche betont an und verflüchtigen sich in diese Fläche hinein. An Kämmen mit gleich steilen Flanken empfiehlt sich vorübergehend schräger Lichteinfall. Im übrigen wird immer der Beginn der steileren Fläche angetont (Abb. 46).

Es genügt eine Breite der Schummerstreifen von maximal 8-10 Äquidistanzen. Reger Wechsel von mittleren Flächen drängt die Schummerbreite entsprechend zusammen. Kleinflächen lassen die morphologische Schummerung in die Kantenzeichnung ausmünden (Beilage 2).

Ausgreifende Formungen, wie Trogschultern, Hochflächenränder, Bergfüsse, Landstufen u. dgl., die am leeren Plan allein durch die Schichtlinienscharung zur Geltung kommen, werden häufig vom übrigen Karteninhalt erdrückt. Die ihnen folgenden Schummerstreifen fassen die Form mit Reliefwirkung zusammen. Sie verwandeln gleichsam die in den Schichtlinien vorhandene potentielle Plastik in eine kinetische. Die morphologische Schummerung ist weder eine Böschungs- oder Beleuchtung- noch eine Flächenschummerung, sondern folgt in grossen Zügen nochmals dem Kantenprinzip. Sie arbeitet grundsätzlich ohne Widerspruch zur tatsächlichen Geländeform und dient einzig nur zur Nachhilfe der Schichtlinienplastik⁴⁷⁾. Für sich allein ist die morphologische Schummerung unverständlich.

47) Die üblichen Methoden der Flächenschummerung geraten leicht in Widerspruch zur wahren Geländeform. Die Flächentönung unter lotrechter Beleuchtung bringt das Relief gleichböschiger Hänge an Rücken- und Grabensystemen nicht zum Ausdruck, weil sie alle Hänge gleichmässig verdunkeln muss. Die Schummerung bei schrägem Lichteinfall hat Schwierigkeiten mit Plateau- und Stufenformen und allen sonstigen einseitig übersteilten Bergformen, die sich der Lichtseite zukehren (vgl. Abb. 47, Kammhöhe nördl. Hundstein zwischen Koten 1856 und 1952). Die Schummerungsprobleme mildern sich in kleineren Masstäben, wo meist zu Kompromisslösungen gegriffen wird. Bei ausreichender allgemeiner Schichtlinienscharung bedeutet die systematische Flächenschummerung eine nicht immer erwünschte Doppeldefinition. Für Masstäbe 1:50.000 und grösser ist die möglichst "weisse" Kartenfläche eine wichtige Gebrauchsbedingung. Die morphologische Schummerung nimmt darauf Bedacht.

D. ABSCHLIESSENDE BETRACHTUNGEN

I. Das realistische Darstellungssystem; Reliefigenauigkeit.

Das beschriebene Darstellungssystem darf die Bezeichnung "realistisch" oder "naturalistisch" für sich in Anspruch nehmen, 1.) weil alle Darstellungselemente zum wahren Relief in fest definierter Beziehung stehen und 2.) weil der natürliche Formenwechsel unmittelbar jene Darstellungselemente bestimmt, die den Schichtlinien beizufügen sind.

Der geometrische Rang der Darstellungselemente ist bekannt und aus der Zeichnung auch ersichtlich. Es ist daher möglich, über die Genauigkeit des allgemeinen Höhenaufschlusses Angaben zu machen. Wir bezeichnen als Reliefigenauigkeit den durchschnittlichen Höhenfehler der in der realistischen Darstellung mindestens definierten Geländepunkte. Der geometrische Ort dieser Punkte ist nicht immer ident mit der Punktreihe der halben Schichtweite, doch befindet er sich in ihrer Nähe und auf jeden Fall im zeichnungsfreien Raum. Größere Unregelmäßigkeiten zwischen den Schichtlinien bedingen bereits darstellerische Massnahmen (Kotierung, Kantenzeichnung, Zwischenschichtlinien).

Nachstehende Tafel bringt eine Uebersicht der Darstellungsmittel nach den Formengruppen. Die Angaben über die Reliefigenauigkeit haben den landschaftsgebundenen exakten Schichtlinienplan zur Voraussetzung und sind Erfahrungswerte aus Profilstudien.

Formengruppe		Darstellungsmittel	Reliefigenauigkeit über dem Schichtlinien-Höhenfehler $\pm (a+b \cdot \operatorname{tg} \alpha)$
Stufe	Bezeichnung		
1	kontinuierlich	exakter landschaftsgeb. Schichtlinienplan, Kotierung d. Verebnungspunkte	$\pm \frac{Z}{10}$
2	stumpfkantig	wie Stufe 1, vermehrt um Halbtonlinien und schraffierte Zusätze	$\pm \frac{Z}{10}$ bis $\pm \frac{Z}{5}$
3	scharfkantig	wie Stufe 1 u. 2, vermehrt um Kantenlinien, Kotierung der Kantenextrem- u. Verebnungspunkte	$\pm \frac{Z}{10}$ bis $\pm \frac{Z}{5}$
4	knittrig zerkantet	wie Stufe 1, 2, u. 3, vermehrt um Scharungersetz und Gefügezeichnung	etwa $\pm \frac{Z}{2}$

Die Darstellungsmittel der Stufen 2-4 treten zu den Schichtlinien als organische Ergänzungen je nach dem Grad der Geländeknitterung hinzu. Zusammengefasst besteht ihre bildliche Aufgabe darin, dass sie die verworren erscheinenden Teile des exakten Schichtlinienplanes zu gleichmässig entwickelter Scharwirkung führen, also klären und erklären; ihre geometrische Leistung liegt in der Steigerung der Höhendefinition aller zwischen den Schichtlinien gelegenen Geländepunkte.

Aus Alpenvereinskarte Loferer Steinberge 1:25.000



Abbildung 44

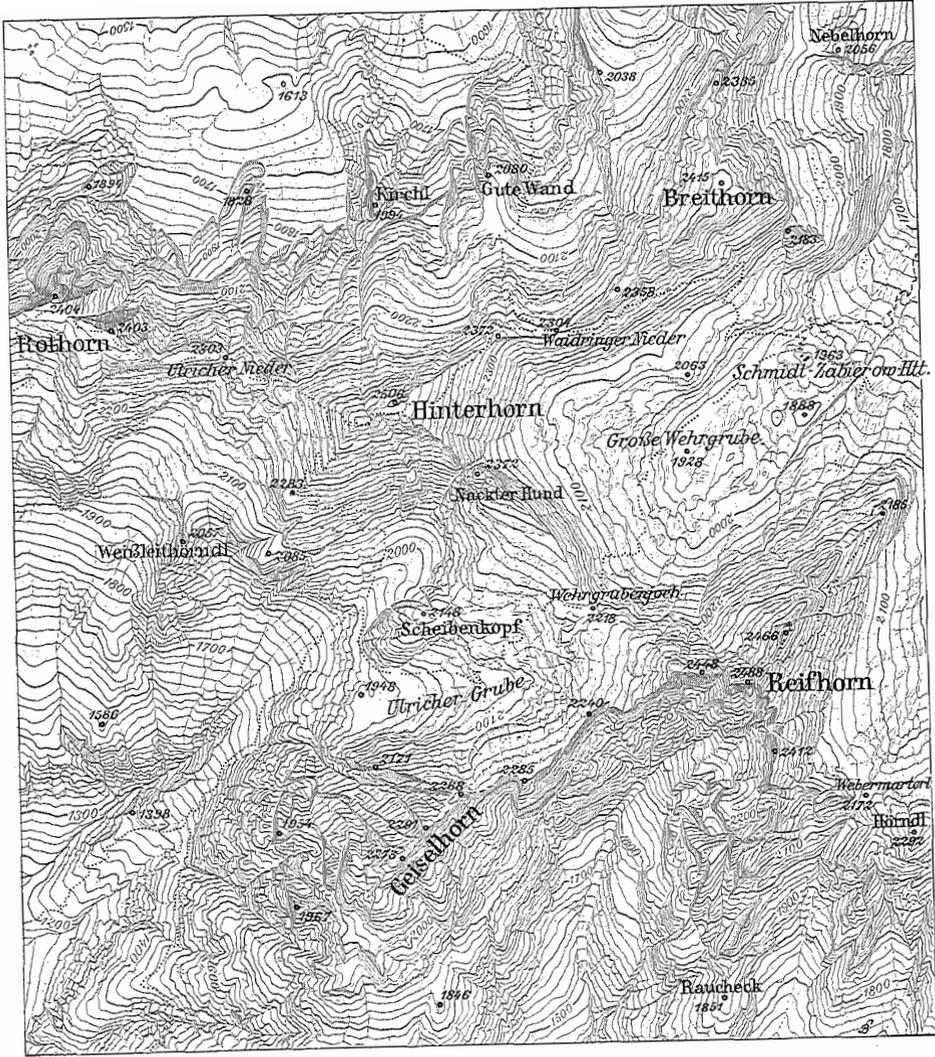


Abb. 46.

II. Vergleiche

Die Beurteilung einer Geländedarstellung auf ihren inneren Wert ist schwierig. Setzt schon die morphologisch-bildliche Beurteilung Geländekenntnis und Erfahrung voraus, so ist die geometrische Beurteilung nur mittels Prüfungsmessungen möglich. Im Extrem kann kartenbildlich ein Kunstwerk vorliegen, das der Wirklichkeit doch nur wenig entspricht; es kann aber auch eine innerlich hochwertige Ausführung unverstanden bleiben, wenn die lebendige Beziehung zum dargestellten Gegenstand fehlt. Das Luftbild verschafft gute bildliche Beurteilungsmöglichkeiten. Weitere Beurteilungsmöglichkeiten bringt der Kartenvergleich, vorausgesetzt, dass von ein und demselben Gebiete Karten in verschiedenen Ausführungen und im gleichen Masstab vorliegen. Topographische Vergleiche gewinnen wir aus unabhängigen Originalaufnahmen unter gleichen oder ähnlichen Zielsetzungen, kartographische Vergleiche aus verschiedenen Ausführungen ein und derselben Originalaufnahme.

Zunächst ein kartographischer Vergleich: Ausschnitt der Revierkarte Weisenbach in zwei Ausführungsstufen (Beilagen 1 und 2). Die Beilage 1 zeigt eine normal gearbeitete leere Schichtlinienkarte; die Beilage 2 zeigt die Karte mit Kantenzzeichnung und morphologischer Schummerung. - Landschaftlich gehört das Gebiet dem hohen Mittelgebirge des Kristallins an (Saulpe). Morphologisch herrscht die fluviatile Erosion. In Höhen ab 1200m und in Nordost Exposition sind Spuren glazialer Formen zu finden. Eine Kalkader verursacht Versteilungen, Rückfallformen und lebhaftere Gehängegliederung (Ableg-Rabofen). Auf den Höhen vereinzelte "Felsöfen", die der Abtragung widerstehen. - Man versuche festzustellen, inwieweit 1.) die in den leeren Schichtlinien enthaltenen Formenhinweise mittels der Kantenzzeichnung zur greifbaren Form umgewandelt werden, 2.) die Höhendefinition durch die Kantenzzeichnung gesteigert wird (man beachte auch die Grabenformen!) und 3.) die allgemeine Plastik durch die auf Streifen beschränkte Schummerung gewinnt. Ferner überlege man, ob mit geringfügigeren und einfacheren Mitteln eine ähnliche Ausdruckssteigerung der Schichtlinien zu erreichen wäre.

Ein topographischer Vergleich: Loferer Steinberge 1:25.000, Ausschnitt Hinterhorn (Abb. 44, 45 und 46). Geometrisch fusst die Abb. 44 auf der terrestrisch photogrammetrischen Kartierung des Alpenvereines v. J. 1923⁴⁸⁾, die Ausführung der Abb. 45 u. 46 beruht auf der terrestrisch photogrammetrischen Kartierung des Bundesamtes f. E. u. V. in Wien v. J. 1948. An diesem Ausschnitt ergibt sich die seltene Gelegenheit, drei verschiedenartige topographische Auslegungen einer ziemlich gleichwertigen geometrischen Grundlage zu zeigen.

Abb. 44. Aus der Karte des Alpenvereines; topographische und kartographische Ausführung von H. Rohn; Felsdarstellung in der klassischen schweizerischen "freien Schrafenzeichnung". Beispieldruck von der Kart. Anst. Freytag-Berndt u. Artaria, Wien, mit

48) R. Finsterwalder: Alpenvereinskartographie und die ihr dienenden Methoden; Sammlung Wichmann Bd. 3, Bad Liebenwerda/Berlin 1935.

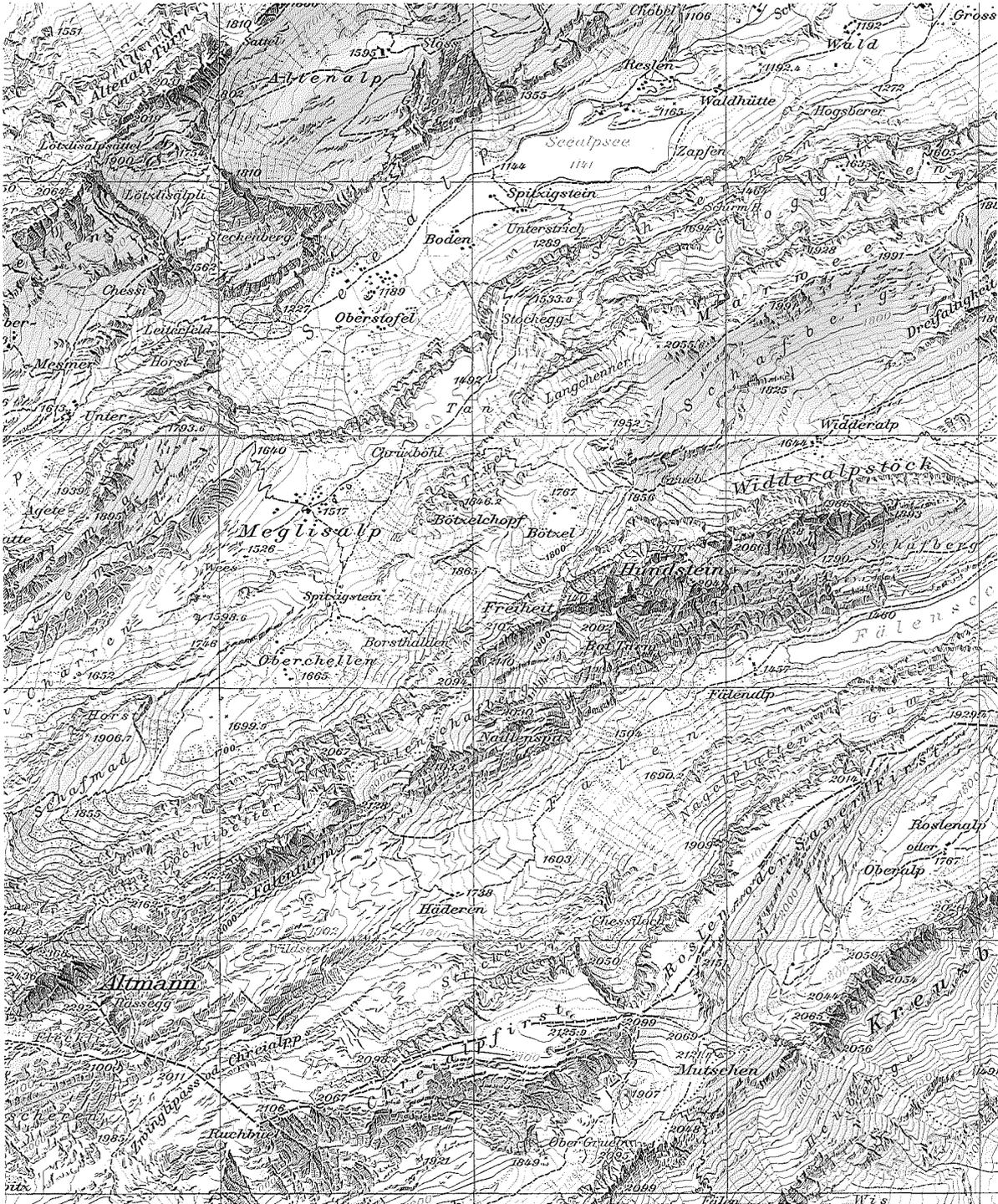
Genehmigung des Alpenvereines. - Die Felsdarstellung stammt von einer Meisterhand. Unter dem Eindruck der Lebendigkeit, Plastik und Ueberzeugungskraft dieser Wiedergabe denkt man nicht daran, ihre Geländetreue anzuzweifeln. Im Felsgebiet wurden die photogrammetrischen Schichtlinien fortgelassen.

Wegen Verlustes der Originalplatten kann die "Wissenschaftliche Ausgabe" der Karte des Alpenvereines, Geländedarstellung von R. Finsterwalder, leider nicht gezeigt werden. Die Karte ist als erste Veröffentlichung einer Felsdarstellung mit Erhaltung der photogrammetrischen Schichtlinien hoch einzuschätzen. Der bewachsene Boden erscheint braun, der kahle Fels grau geschummert. Die allgemeine Plastik ist kräftig und ziemlich objektiv. Die Schummerung zeigt aber für die Charakterisierung des Felsgeländes keine Befähigung; es sieht ebenso weich und glatt aus wie das Vegetationsgelände⁴⁹⁾. Ueber die wahren Böschungsverhältnisse geben die Schichtlinien (Äquidistanz 25m) überall Aufschluss. Durch sie erhalten wir Hinweise auf grob täuschende Effekte, die der Rohnschen Darstellung anhaften. Besonders auffallende Unstimmigkeiten finden wir am Kamm zwischen Hinterhorn und Rothorn und in der Westflanke des Geiselhorns.

Abb. 45. Das Hinterhorn in der Österreichischen Karte 1:25.000. Amtliche kartographische Ausführung nach der vom Verfasser gelieferten Originalaufnahme v. J. 1950. Beispieldruck im Bundesamt f. E. u. V. (Landesaufnahme), Wien. Das Darstellungssystem der Öst. Karte sieht für Felsgelände drei Ausdrucksmittel vor: 1.) braune Schichtlinien zu 20m, 2.) eine graue, flächenfüllende, für sich selbst wirkende Felsschraffenzeichnung und 3.) einen hellgrauen Ödlandston. Mit solcher Ueberdefinition verliert die Darstellung auch bei bester Handhabung die notwendige Kraft und Klarheit. Die hier bemerkenswert exakt reproduzierten Schichtlinien (Inkonsequenzen nur an Steilwänden) werden unnötig überschattet. Der Einfluss einer Vorlage in Kantenzeichnung ist merkbar. Schulter- und Stufenformen, sowie Stellen mit grober Schrägbankung des Gesteins zeigen Charakteristik. Morphologische Verlässlichkeit darf man aber der Felszeichnung, die besonders im mässig geböschten Gelände einen hilflosen Eindruck macht, nicht beimessen. Streng horizontal gebankte Felsflanken sind beliebig auch mit Vertikalschraffen ausgeschmückt (vgl. Hinterhorngipfel).

Abb. 46. Aus der Originalaufnahme des Verfassers; eigenhändige kartographische Bearbeitung 1:25.000 (Gelände im Ritzverfahren auf Astralon), Beispieldruck im Bundesamt f. E. u. V. (Landesaufnahme), Wien. - Die Ausführung im realistischen Darstellungssystem mit morphologischer Schummerung ergibt das typische harte Felsrelief. Einzelhinweise siehe im Text zu Abb. 43.

49) In der Österreichischen Karte 1:50.000 hat man die Felsschummermethode zunächst aufgegriffen (vgl. Bl. 93 Berchtsgaden, Ausgabe 1929), in späteren Ausgaben aber zu Gunsten einer Strichzeichnung wieder fallen gelassen (vgl. Bl. 153 Grossglockner, Ausgabe 1937).



III. Kritische Umschau in der Hochgebirgsdarstellung

In allen grösseren Masstäben - etwa 1:50.000 und grösser - ist der Fels ein Prüfstein für die Leistungsfähigkeit einer Darstellungsmethode. Eine Umschau lehrt, dass man in der Darstellungsfrage den gemeinsamen Nenner von Grossform und Kleinform noch nicht gefunden bzw. noch nicht beachtet hat. Wäre dies der Fall, so müsste die Darstellungsart der Knitterflächen auch auf die gemässigten Flächen folgerichtig übertragbar sein; sie wäre dann homogen. Nun finden wir aber für die Felsflächen meist eine ganz andere Art der Darstellung angewandt wie für die übrigen Flächen: Es herrscht je nach der künstlerischen Qualität der Durchführung ein mehr oder minder auffallender Dualismus. Solange es nicht möglich war, schwer zugängliches Ödland exakt geometrisch zu kartieren, lag ein Zwang vor, zwischen den geometrisch minder und den geometrisch besser erfassten Geländeteilen eine darstellerische Unterscheidung zu treffen. Ein solcher Zwang besteht seit längerem nicht mehr. Mögen viele Leistungen der Gegenwart offensichtlich befriedigen, - es kommt doch auch auf die Gewöhnung, auf die schöpferische Absicht und auf den Geschmack an -, vom topographisch-morphologischen Standpunkt erscheinen die Möglichkeiten, die die moderne Messtechnik erschliesst, nicht rationell genützt.

Einige Standard-Beispiele:

1.) W. Blumer; Karte des Glärnischgebietes 1:25.000 v. J. 1937, (vgl. Abb. 30, Originalplatten leider vergriffen). - Hier ist bewiesen, dass sich exakte Schichtlinien und eine sehr natürliche Gesteinscharakterisierung durchaus vertragen. Im Kleinen kommt die Darstellung einer Kanten- und Gefügezeichnung ausserordentlich nahe. Eine bessere, bis in die letzten Feinheiten widerspruchsfreie Verschmelzung der Felszeichnungslinien mit den Schichtlinien ist dem Verfasser bislang nicht bekannt geworden. Die systematische Beachtung der Steilgrenze ist schon vorne gewürdigt. Trotz intensiver Kleinformdarstellung wirkt der Fels leicht und durchsichtig. Fliegend kommt der Wechsel zwischen Fels- und Vegetationsboden zum Ausdruck. Wenn das Gesamtreief der Felsdarstellung zu weich erscheint, so liegt das an der Scheu vor Kantenlinien. Grössere, scharfe Formen, besonders die Grate und die Wandfüsse, verschwimmen in der allein vorliegenden Kleinkanten- und Gefügezeichnung. Ebenso sind Kantenandeutungen im Vegetationsgelände gemieden, womit die homogene Ueberleitung von der ausgeglichenen Fläche zur kantigen Form und von dieser zur Knitterfläche ausfällt. Die topographische Erfassung des Vegetationsbodens steht daher hinter dem Felsgelände zurück. Diesen Mangel vermag auch der seitliche Schattenton nicht auszugleichen, der ausserdem das hochstehende Bild des Felsgeländes verdüstert. Aber ein sehr beachtlicher Schritt zur homogenen Darstellungsweise ist getan.

2.) Neue Landeskarte der Schweiz 1:25.000, Blatt 1115 Säntis (1953), Abb. 47, Beispieldruck von der Eidgenössischen Landestopographie, Bern-Wabern. - Die Karte überrascht a) durch die hervorragende Reliefwirkung mittels Sonnen- und Schattentons ("Reliefierung") und b) durch die Anlehnung an das dualistische Darstellungssystem der Siegfriedkarte, d. h. Wie-

dergabe des bewachsenen Geländes in exakten 20m-Schichtlinien (objektives Darstellungsverfahren) und Wiedergabe des Felsgeländes in freier Schraffenzeichnung mit versteckt eingefügten 100m-Schichtlinien (subjektives Darstellungsverfahren). Die Kunstfertigkeit in der Einzelausführung und der überlagernde Relief ton verbinden diese an sich fremdbür-tigen Darstellungsmethoden zu einem übersichtlichen Kartenbild. Nach den Darlegungen von S. Bertschmann⁵⁰⁾ ist eine Darstellungsweise, die Schichtlinien durchaus zum tra-genden Darstellungsbestandteil erhebt, nicht beabsichtigt. Morphologische Gesichtspunkte erscheinen gegenüber kartographischen zurückgestellt. Die tatsächliche topographische (d. h. örtlich erläuternde) Leistung der Felsschraffenzeichnung wird gerne überschätzt. Ihre begrenzten Ausdrucksmöglichkeiten zeigen sich auch an der Abb. 47. Der Grundzug des Sän-tisgebirges -- steil bis lotrecht gestellte Gesteinsschichtung, die meist parallel zu den Käm-men streicht -- ist mittels der vertikal unbestimmten Schraffenstriche nicht ausdrückbar und geht im vorliegenden Kartenbild verloren. Durch die notwendige Rücksichtnahme auf seitliche Beleuchtungseffekte werden die wahren Böschungsverhältnisse entstellt. Andenge-scharteten Felsgraten verursacht die lotrechte Längsschichtung ein dauerndes Springen der Gratlinie von einer Felsrippe zur anderen; die Flanken sind durchsetzt von energischen Schulterformen (Kreuzberge, Altenalptürme u. a.). Aus der Karte gewinnt man den Eindruck zwar gescharteter, aber durchaus massiger und gleich steiflankiger Felskämme. Abge-sprengte Plattenfeiler und Türme muss die Felsschraffenmethode zum Hang klappen, damit sie wenigstens aus der Gegenübersicht verständlich werden (Altmann, Hundstein-Südflanke u. a.). Ihre Identifizierung von der Seite oder vom eigenen Hang ist selten gut möglich. Schwer fällt die Deutung des flacheren Felsgeländes, wenn Schichtlinien fehlen. - Gesamtwertend darf zur Felsschraffenzeichnung gesagt werden: Die anschauliche Plastik geht vielfach auf Kosten der Grundrisstreue und ist u. U. sogar mit der Preisgabe der morphologischen Cha-rakteristik erkaufte. Die vertikal undefinierten Strichelemente sprechen nur das Gefühl an, geben aber keine Gewähr, dass der hervorgerufene Eindruck auch der richtige ist (vgl. auch die Abb. 44 bis 46).

3.) F. Ebster; Stubai-Ötztaler Kartenwerk 1:25.000 des Alpenvereines (seit 1937) und To-pographisch-morphologische Kartenprobe 1:25.000 Blatt Soierngruppe 1953 (Abb. 48). Bei-spieldruck von der Kart. Anstalt Freytag-Berndt und Artaria, Wien, mit Genehmigung des Arbeitskreises "Topographisch-morphologische Kartenproben", München. - Die Zielsetzung der Darstellungsweise, wie sie jetzt in den Alpenvereinskarten angewandt wird, hat F. Eb-ster in "Alpenvereinskartographie" umrissen⁵¹⁾ und die Hoffnung ausgesprochen, dass es

50) S. Bertschmann: Probleme der Gebirgsblätter der Landeskarte 1:25.000; Schweizerische Bauzeitung, 71. Jg. Nr. 31, vom 1. Aug. 1953. - S. Bertschmann bezeichnet als das Ziel der Eidg. Landestopographie "eine vernünftige Synthese zwischen geometrischer und künstlerischer Darstellung". "Die Felsschraffenzeichnung mit ihrer hervorragenden Plastik soll systematischer, auf Grund der photogrammetrischen Höhenkurven aufgebaut werden, Schichtlinien sollen aber zur Hauptsache nur in den 100m-Leitkurven in Erscheinung treten. Man muss sich klar sein, dass eben der überwiegende Teil der Kartenbenützer zur weitgehenden Abstraktion, wie sie Schichtenlinienkarten erfordern, nicht fähig und auch nicht wil-lens ist, die notwendige Zeit dafür aufzubringen. Dem technisch interessierten Kartenbenützer aber werden auf Verlan-gen die vollständigen Felskurvenauswertungen zu kartometrischen Zwecken von der Landestopographie zur Verfügung ge-stellt". - Anm. d. Verf.: Diese Richtsätze bringen 100m-Schichtlinien und traditionelle künstlerische Felszeichnung in die engste, praktisch mögliche Nachbarschaft. Der Ausweg, für die technisch interessierten Kartenbenützer den exakten Schichtlinienplan bereit zu halten, bedeutet nicht die Befriedigung aller Gebrauchsbedürfnisse, weil die Identifizierung nach einem solchen Plan u. U. auch für den Techniker und Erdwissenschaftler schwierig ist. Wiederholt sei bemerkt, dass die in Rede stehende Abstraktion, die das Lesen von Schichtlinienkarten erfordert, auch für Teile des Vegetationsge-ländes zutrifft, wo man aber keine systematischen Darstellungsergänzungen vorzusehen pflegt.

51) F. Ebster: Zur Felszeichnung und topographischen Geländedarstellung der neuen Alpenvereinskarten; Alpenvereinskart-ographie S. 46. - Siehe Fussnote 48.

bestimmt gelingen werde, "die Vorteile der früheren anschaulichen Felsdarstellung mit der objektiven Schichtlinienführung vereint zu bringen". Auch bekennt er sich zur Meinung R. Finsterwalders: "In der Kartographie ist die durch die Schichtlinien gegebene Objektivität wichtiger als die subjektive, mehr bildmässige Felszeichnung". So begrüßenswert diese Zielsetzung ist, fragt es sich, ob eine Uebersetzung exakter Schichtlinien mit flächenfüllenden Felsschraffen auch das erwartete Bild ergibt. E. Imhof urteilt über Kombinationen von Schichtlinien mit Felsschraffenzeichnung: "Der verwirrende Knäuel enger Linien und Striche wirkt jedoch weder schön noch klar und stellt an die Kunst des Kartenlesens zu hohe Anforderungen" (Gelände und Karte, S. 98). Die in den Alpenvereinskarten und in der Abb. 48 erzielte Darstellungsweise vermag die Meinung Imhofs nicht zu entkräften. Auch finden wir körperhaft gezeichnete Formen, die von den Schichtlinien nicht angezeigt werden, d. h., die mit subjektiven Eindrücken und Uebertreibungen befrachtete Felsschraffenzeichnung gerät in Widerstreit mit der objektiven Schichtlinienführung, wodurch beide Teile an Definitionswert einbüßen. Infolge der übersteigerten Felsdarstellung erweisen sich die einheitlich durchgeführten 20m-Schichtlinien zu schwach, um als das formverbindende homogene Element zu wirken. Die darstellerische Zweiteilung von Fels und Vegetationsgelände bleibt in auffallender Weise bestehen. Eine topographisch belanglose Schummerung des Vegetationsgeländes mildert den Gegensatz. Die hier im Ausschnitt gezeigte Kartenprobe heisst im Untertitel "Kare und Kartrepe im Kalkgebirge", Bildungen, die aber bei der einseitig auf die Felsflächen ausgerichteten topographischen Ausarbeitung übergegangen sind. In einer sonst positiven Besprechung der Kartenprobe weist W. Pillewizer darauf hin, dass z. B. die Karschwellen nicht zum Ausdruck kommen⁵²⁾.

4. Österreichische Karte 1:25.000, Abb. 3 und 45. Dieses Kartenwerk hat als erstes amtliches Werk Schichtlinien in der Hochgebirgsdarstellung zum tragenden Element gemacht. Allerdings wurde bis in letzter Zeit durch die "generalisierende" Linienführung der Fortschritt in der Richtung auf eine homogene Darstellungsweise innerlich entwertet. In den Schichtlinien beliebiger Hochgebirgsblätter des Kartenwerkes vor 1952 sind folgende systematische Entstellungen des wahren Schichtlinienverlaufes nachweisbar: 1.) eine künstlich bis zur kleinsten Form getriebene Linienverwandtschaft, 2.) Ausgleichung der Steilstufen und 3.) Zurückführung aller Formen tunlichst auf das Rücken-Graben-Schema. Auf einer derart durchgekämmten Schichtlinienunterlage kann von vornherein keine tiefergreifende morphologische Charakterisierung des Geländes erfolgen. Die ergänzende Felsstrichzeichnung wird (eigentlich folgerichtig) recht unproblematisch gehandhabt. Sie kann sich selten über den Rang einer Flächensignatur hinausheben⁵³⁾. Scharfe Grate als runde Rücken und einwandfreie Berg-

52) W. Pillewizer: Ein wichtiger Beitrag zur Deutschen Hochgebirgskartographie; "Erdkunde", Band VII/2, Ferd. Dummlers Verlag, Bonn 1953.

53) Die Felsdarstellung ist aber in gründlicherer Weise gedacht. Im prov. Zeichenschlüssel 1950, Seite 54, heisst es: "Bei der Darstellung des nackten Felsens müssen dessen Formen, wie Grate, Stufen, Säulen, Platten, Kante, Kamme, Bänder u. s. w. treffend wiedergegeben werden. Es muss der geologische Aufbau, die Struktur des Felsengesteins, ob kantig, zerklüftet oder kompakt, schiefrig oder verwittert, weitmöglichst zum Ausdruck gebracht werden." - Anbetracht der Ergebnisse klingt das sehr phantasie reich. Als unangenehme Fessel empfindet noch K. Mi li u s die exakten Schichtlinien. Er sagt zur Beziehung Felszeichnung-Schichtlinien (Offene Fragen S. 17): "Die Felszeichnung soll nicht eine Ergänzung des Schichtenplanes, sondern ein selbständiges Werk für sich und für sich allein leserlich sein, doch hat ihr der photogrammetrische, vom Topographen durchgesehene und durch eventuell nötige Vereinfachungen oder Ueberhaltungen aufgerichtete Schichtenplan unbedingt als Stütze zu dienen."

spitzen als Kuppen dargestellt, sind häufig feststellbare Widersprüche zwischen Natur und Karte. Eine verschwenderische Liebe zeigt man für Gletscher: die ohnehin durch die Schichtlinien gut erfassten Grossformen sind mit einer besonderen Schummerung untermalt. Demgegenüber erscheint das Vegetationsgelände körperlos und darstellerisch vernachlässigt. Die graue Felstönung lässt die Schichtlinien als homogenes Bindemittel zur Geltung kommen und den noch bestehenden Dualismus in der Darstellung in den Hintergrund treten. Seit der Einführung der Luftbildauswertung durch den Leiter der Landesaufnahme K. Neumaier erscheinen immer mehr Blätter mit exakt reproduzierten Schichtlinien. Die Ausbildung einer gleich verlässlichen topographischen Zusatzzeichnung wäre für ein Gebirgsland wie Österreich besonders wichtig.



Abb. 49

IV. Geländegeneralisierung

Der Unterschied zwischen Plan und Karte besteht bekanntlich im Masstab und im wesentlichen darin, dass der Plan einen massgetreuen Grundriss bis in die letzten Einzelheiten wiedergibt, während die Karte ein ausgewähltes, vereinfachtes und überhaltenes, also ein generalisiertes Grundrissbild bringt. Die Generalisierung der Situation (Geländebedeckung) ist durch die Zeichennormung mehr oder minder festgelegt. Die Generalisierung des Geländes hängt ausser vom Masstab auch vom Darstellungsziel ab, ist also sehr viel Ansichtssache.

Die Formel des Generalisierens heisst: "Hervorheben des Wichtigen, Unterdrücken des Unwichtigen", wobei in Bezug auf die Geländegeneralisierung die Scheidung zwischen dem, was wichtig, und dem, was unwichtig, meist recht verschwommenen Vorstellungen vorbehalten ist. Unter der Generalisierung schwierigen Geländes versteht man fast ausnahmslos ein ausgiebiges Zurunden vor allem der Positivformen. Auch W. Gronwald, der vom Ergebnis der Kartenprobe "Küstendünen" keineswegs befriedigt ist (vgl. Abb. 26), erwartet von einer Zurundung der Formen einen darstellerischen Fortschritt (Abb. 49)⁵⁴. Dass damit die landschaftliche Charakterisierung verloren geht – die Rundformen lassen an diesem Beispiel eher eine Grundmoränenlandschaft vermuten als eine Dünenlandschaft –, soll für die Unzulänglichkeit der üblichen Generalisierungsmethoden Beweis genug sein.

Da wir nicht in der Unterdrückung, sondern in der Herausstellung der Formdifferenzen das Ziel der topographischen Geländedarstellung erblicken, müssen wir uns in der Geländegeneralisierung viel mehr von morphologischen Ueberlegungen leiten lassen. "Exakte Schichtlinien", wie wir sie hier verstanden haben, sind bereits ein minimales, dem Masstab angepasstes, mechanisch-morphologisches Generalisierungsergebnis (vgl. Abs. B. II. b u. C. IV. a). Sie enthalten keine Form, die nicht masstabsfähig wäre, und es besteht zunächst kein Zwang, sie weiter zu verändern, wohl aber eine Notwendigkeit, sie zeichnerisch zu erläutern, womit in den meisten Fällen eine Zusammenfassung (d. i. auch eine Generalisierung!) erreicht wird. Aus einer exakten Darstellung können exakte Verkleinerungen, nicht aber exakte Vergrösserungen abgeleitet werden (vgl. Abs. C. III. a u. C. III. c). Exakte geometrische Verkleinerungen ergeben eine allgemeine Formzuschärfung, die nicht immer wünschenswert ist, weil sie zu morphologischen Entstellungen führen kann. Hier liegt der Ansatzpunkt zu einer Generalisierung nach morphologischen Richtlinien. Wir werden trachten, rund zu erhalten, was tatsächlich rund ist (vgl. Abs. C. II gegen Ende).

Dagegen werden wir vermeiden, eckige Formen in der Generalisierung abzurunden. In kleineren Masstäben (ab etwa 1:100.000) kommt es nicht so sehr darauf an, der Gelände-

54) In den "Topographischen Erläuterungen zur Kartenprobe 1, Küstendünen" (vgl. unsere Abb. 26 und 26a) sagt W. Gronwald: "Die Höhendarstellung dieses Dünengebietes . . . befriedigt zweifellos nicht, da sie ein anschauliches Bild im Masstab 1:25.000 nicht gestattet. Auf der Beilage 2 (vgl. unsere Abb. 50) ist daher für einen kleinen Ausschnitt eine weitere Generalisierung dieser Höhenlinien versucht worden und zwar unmittelbar im Kartenmasstab 1:25.000. Ob dies der zweckmässigste Weg zur Erzielung der besten Höhendarstellung ist oder ob in solchem kleinstförmigen Gelände eine Generalisierung in einem Zwischenmasstab noch mehr Erfolg verspricht, können nur weitere Versuche lehren. Ohne zusätzliche Verwendung von Bergstrichen ist aber auch diese Höhendarstellung noch als unvollkommen anzusehen". - Nachrichten aus dem Reichsvermessungsdienst, Berlin, Jg. 1942 Nr. 3, Seite 124.

darstellung technische Daten (Lage, Höhe, Böschung) entnehmen zu können, als vielmehr ein morphologisch zutreffendes Gesamtbild zu vermitteln. Die von unwesentlichen Kleinformen entlasteten Schichtlinien stellen wir in den Dienst der besseren Formendifferenzierung, indem wir leichte Uebertreibungen im Sinne der jeweiligen morphologischen Idealform anbringen. Im Verein mit der Kantenzeichnung sind wir dann ohne weiteres in der Lage, die Formenunterschiede genügend deutlich hervortreten zu lassen. Es wird noch in sehr kleinen Masstäben (bis 1:250.000) möglich sein, wesentliches auszusagen, z. B. die Gegensätze: Gratkämme - Rundkämme - Plateauränder; U=Täler - V=Täler; terrassierte Hänge - glatte Hänge; Kare - Grabenrisse usw. auszudrücken oder Flussterrassen, Schuttfächerreihen längs der Talränder u. dgl. zu charakterisieren.

Je kleiner der Masstab, desto schwieriger fällt das landschaftstypische Generalisieren, denn umso mehr Landschaftskenntnis und morphologische Urteilsbildung sind notwendig. Die Äquidistanz wird vergrössert, die Schichtlinienscharung gelockert und das Ausmass der Knitterflächen erweitert. Die Geländedarstellung tritt mehr und mehr heraus aus dem Bereich einer technisch-geometrischen Angelegenheit und wird zu einer Kunst des Festhaltens und des Zusammenschauens nur der wesentlichen Landschaftszüge. An sehr verwickelter Geländegliederung (Dünen, Fels) ist diese Kunst schon bei grossen Masstäben erforderlich.

Das Schwergewicht der Geländegeneralisierung liegt also keinesfalls, wie meist üblich, im rundlichen Verwischen aller Formenunterschiede, sondern ganz im Gegenteil, in der sicheren Betonung der herrschenden Formengegensätze. Morphologisches Denken und Kantenzeichnung spielen dabei die massgebende Rolle.

V. Rangordnung des Karteninhaltes, Farbgebung

Die exakte Geländedarstellung soll im gesamten Karteninhalt ein ihrer Bedeutung entsprechendes Gewicht erhalten. Zweckdienlich ist eine Rangordnung in der Reihenfolge: Künstliche Situation und Beschriftung / Gelände, Gewässer, Gletscher / Vegetation⁵⁵⁾.

Der Vorrang der künstlichen Situation und der Beschriftung entspringt dem Bedürfnis nach klarer Lesbarkeit des vom Menschen in die Landschaft Hineingestellten und Hineingedachten. Es ist daher auch notwendig, in topographischen Karten 1:10.000 und kleiner, die künstliche Situation zu überhalten und in schwarz zu drucken. Unter Umständen bringt sie die lagerrichtige Wiedergabe des Geländes in Schwierigkeiten⁵⁶⁾. An den Hängen schmiegt sich die künstliche Situation den Formen an; eine Tatsache, die nicht selten in Kartenbearbeitungen zu wenig beachtet wird.

Die Farbgebung für die Darstellung der Erdoberfläche ist bis zu einem gewissen Grade Geschmacksache. Für festes Gelände (bewachsener Boden, Fels und Sand) haben sich die Farben braun, grau bis schwarz eingebürgert, für Gewässer und Gletscher blaue und blaugrüne Abstufungen. Gegenüber der künstlichen Situation sollen die Farben für die Darstellung der Erdoberfläche zurückgestuft, unter sich aber gleichwertig sein.

Ein Versuchsfeld für die Farbgebung bildet die Darstellung der Felslandschaft. Wegen der Forderung nach schärfstem Passer ist für das hier vertretene Felsdarstellungssystem die Vereinigung von Schichtlinien, Kantenlinien und Gefügezeichnung auf einer Farbplatte erwünscht. Als Farbe eignet sich ein Grau, das im Helligkeitswert dem Braun des Vegetationsgeländes die Waage hält. Zur homogenen topographischen Darstellungsweise aller Geländearten tritt damit das Gleichgewicht in der Farbe, und die abwegige kartenbildliche Hervorkehrung allein der Felsdarstellung ist beseitigt. Der Geländekörper kommt auf diese Weise als Einheit zum Vorschein. Es ist sogar denkbar, die gesamte Darstellung der festen Erdoberfläche auf eine Platte zu legen, denn die Kanten- und Gefügezeichnung als Ausdruck der Geländeknitterung lässt sehr wohl die Unterscheidung zwischen Fels- und Vegetationsboden zu (vgl. Abb. 46, auch Abb. 35).

Die realistische Geländedarstellung ist ganz auf die Wirkung dünner Linien aufgebaut, daher soll der übrige Karteninhalt diese Linien deutlich bestehen lassen. Die Gefahr für die Geländedarstellung erwächst weniger aus der künstlichen Situation oder aus der Kartenbeschriftung als vielmehr aus der Vegetationsdarstellung, der häufig der Darstellungsrang der künstlichen Situation zuerkannt wird⁵⁷⁾. In der Natur liegt die Vegetation als ein

55) Situation ist die gesamte Geländebedeckung. Unter künstlicher Situation verstehen wir die von Menschenhand errichtete Geländebedeckung (ausser der Bepflanzung), indessen wir Gewässer und Vegetation zur natürlichen Situation zählen

56) K. Milius führt ein Beispiel an, wo das Nebeneinander von Bahn, Fluss, Strasse und vier Futtermauern nach dem Zeichenschlüssel 1:25.000 der Öst. Karte das fünffache Mass der Naturbreite fordert. Daraus leitet Milius die Notwendigkeit der Entstellung der anschliessenden Hänge ab. "Offene Fragen. . . ." S. 13. - Eine etwas weniger starre Handhabung des Zeichenschlüssels (Strasse ohne Randlinien, Futtermauern in die Strassenbegrenzung, vorübergehendes Zurückstufen auf eine minimale Zeichenstärke) würde den Fall wesentlich mildern und eine merkbare Verzerrung des anschliessenden Geländes vielleicht überflüssig machen. Es kommt da sehr viel auch auf den Standpunkt an. Bewusste Geländeentstellungen sind in Masstäben 1:25.000 und grösser selten wirklich notwendig.

57) In den topographischen Karten Deutschlands setzt man schwarze Vegetationssymbole - meist Aufrisszeichen mit Schatten - in schachbrettartiger Anordnung. Die engständigen Zeichen kreuzen auf Schritt und Tritt die Schichtlinien und belasten unnötig das Geländebild. Keinesfalls verträgt sich ein so weit getriebener Situationssymbolismus mit einer Kantenzzeichnung des Vegetationsgeländes. Die neuesten Kartenproben 1:5000, 1:25.000 und 1:100.000 lassen keine Absicht erkennen, diese Vegetationsdarstellung abzuändern.

verschieden dichter Schleier über dem Gelände. Ihre ganz anders geartete Erscheinung gegenüber der künstlichen Situation (ihre Veränderlichkeit, ihre manchmal fließenden Grenzen) kann wohl nur in einer entsprechend zurückgestuften eigenen Farbplatte übersichtlich gezeigt werden. Mit unaufdringlichen grünen Volltonflächen für Wald (allenfalls mit vereinzelt schwarzen Charakterbäumen, vgl. Öst. Karte 1:25.000) und ebensolchen Rasterflächen für andere Kulturen (vgl. Landeskarte der Schweiz 1:25.000) sind zweckmäßige Lösungen auf raschem Wege in jedem Sonderfall möglich. Wie auch die Lösung im einzelnen getroffen werden mag, grundsätzlich verlangt die klare Kartendurchbildung eine Vegetationsdarstellung, die im Farbwert bedeutend hinter der Geländedarstellung zurücksteht. Im anderen Falle ist die exakte Geländedarstellung verlorene Mühe⁵⁸⁾.

58) W. Rabensteiner fordert auf Grund seiner Untersuchungen über Farbenrelationen in Schichtlinienkarten grösstmöglichen Helligkeits- und Farbtonunterschied zwischen Schichtlinien und Vegetationsdarstellung. "Höhenlinien.....", siehe Fussnote 3.

VI. Zusammenfassung und Ausblick

Ueber die Anwendungsgebiete exakter Geländepläne und Geländekarten Worte zu verlieren, erübrigt sich hier. Fest steht, dass ihre universale Bedeutung mit der Genauigkeit und Anschaulichkeit der Geländedarstellung steigt und fällt. Durch die Geländedarstellung wird hauptsächlich der Rang der Karte unter anderen Karten bestimmt.

Die objektive, d. h. grundrisstreue Geländedarstellung ist eine zwangsweise Folge der stereophotogrammetrischen Kartierungsmethoden, auch da, wo diese nur beschränkt angewendet werden können. Sie weisen der Geländetopographie von heute und morgen den Weg.

Eine objektive Geländewiedergabe muss noch nicht realistisch wirken, doch gibt sie die Möglichkeit, eine realistische Darstellung aufzubauen. Die realistische Darstellungsweise ist erforderlich,

- 1.) um die Geländeidentifizierung zu erleichtern bzw. zu ermöglichen,
- 2.) um die Höhendefinition zu steigern,
- 3.) um direkte Beziehungen zu Luftbildern herzustellen und
- 4.) um den allgemeinen Anschauungswert zu heben.

Die Geländedarstellung soll plastisch und durchsichtig zugleich sein. Wenn sie beide Forderungen erfüllt, so dient sie dem normalen Handgebrauch ebensogut wie als Unterlage für Projektierungen und Spezialkartierungen. Die topographische Definition der Geländefläche mittels durchaus linearer Elemente (Schichtlinien und Kantenzeichnung) ist daher gegenüber Definitionen mittels flächenfüllender Zusätze (Flächenschraffierung, Flächenschummerung) vorzuziehen. Die Schummerstreifen der morphologischen Schummerung befolgen ebenfalls das lineare Prinzip.

Die Definition der Geländefläche soll überhall gleich intensiv und überall gleichen Systems (homogen) sein. Es ist verfehlt, die Knickungen des Felsgeländes mit übertrieben dichten Strichlagen, deren Definitionswert dazu meist fraglich ist, anzudeuten, die Darstellung der Knickungen des in jeder Hinsicht viel wertvolleren Vegetationsgeländes dagegen abstrakten Linien allein zu überlassen.

So erfreulich allenthalben vorgenommene Regelungen zur Steigerung der Schichtliniengenauigkeit und zur Äquidistanzbemessung nach landschaftlichen Rücksichten sind, sie bleiben doch nur vorbereitende, rein geometrische Massnahmen, die einer realistischen topographischen Darstellungsweise erst das Feld eröffnen. Zur Festigung einer neuen topographischen Darstellungsmethode wäre es fruchtbar, die Morphologie für Kartenherstellung "Deutschlands Erdoberflächenformen" von H. Müller (der geographisch eingeschränkte Titel tut nichts zur Sache) durch einen zweiten Band zu ergänzen, worin auf Grund exakter Schichtlinien die Darstellung morphologischer Formentypen in mehreren topographischen Masstäben tatsächlich systematisch durchgeführt wird. Erst dann ist zu hoffen, dass die praktische Topographie in jene Bahnen gelenkt wird, die sie seit mehreren Jahrzehnten eigentlich schon beschreiten sollte.

Die Schwierigkeiten der kartographischen Reproduktion können heutzutage nicht gross sein. Eine Darstellungsweise, die scharfe Strich- und exakte Halbtonwiedergaben verlangt, stellt nur bescheidene Ansprüche. Das Problem liegt überhaupt nicht so sehr in den technischen Belangen der Aufnahme und der Reproduktion, als vielmehr in der erforderlichen Neuorientierung zur topographischen Sache an sich. Die Unsicherheit in der Beurteilung exakter Schichtlinien für die Zwecke der topographischen Geländedarstellung führt entweder zu schwer zu verantwortenden Oberflächlichkeiten oder zur weiteren Beibehaltung des dualistischen Darstellungssystems, dessen Begründung durch die messtechnischen Vervollkommnungen aufgehoben erscheint. Sehr im Gegensatz zu den klassischen topographischen Kartenwerken sehen wir heute eine zwiespältige Originalkartographie auf gediegenem geodätischen Fundament! Man darf indessen überzeugt sein, dass die Vertiefung in den Gegenstand die notwendigen Klärungen und Vereinfachungen bringen wird, die unsere Originalkarten wertvoller und auch wirtschaftlicher gestalten.

Benützte Literatur

- Bertschmann S., Probleme der Gebirgsblätter der Landeskarte 1:25.000; Schweizerische Bauzeitung, 71. Jg. Nr. 31, Aug. 1953.
- Blumer W., Die Felsdarstellung mit Höhenkurven und Schraffen; Die Alpen, 1954, Heft 6.
- Blumer W., Weitere Bemerkungen über die neue Landeskarte der Schweiz, insbesondere über die Felsdarstellung; Der Schweizer Geograph, Nr. 8, 1927.
- Bundesvermessungsdienst Wien, Zeichenschlüssel der Österreichischen Karte 1:25.000 samt Erläuterungen; prov. Ausgabe 1950.
- Ebster F., Zur Felszeichnung und topographischen Geländedarstellung der neuen Alpenvereinskarten; Alpenvereinskartographie, Sammlung Wichmann, Band 3, 1935.
- Finsterwalder R., Grenzen und Möglichkeiten der terrestrischen Photogrammetrie; Allgemeine Vermessungsnachrichten, Berlin 1930.
- Finsterwalder R., Die Bedeutung der neuen photogrammetrischen Methoden für das Vermessungswesen; AVN Berlin 1934.
- Finsterwalder R., Alpenvereinskartographie und die ihr dienenden Methoden; Sammlung Wichmann, Band 3, Bad Liebenwerda/Berlin 1935.
- Finsterwalder R., Photogrammetrie; Verl. Walter de Gruyter u. Co, Berlin 1939.
- Finsterwalder R., Die Deutsche Originalkartographie; Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin, 1943, Heft 5/8.
- Finsterwalder R., Ein Markstein in der Entwicklung der Topographie, AVN Berlin 1943, Nr. 1/2.
- Finsterwalder R., Erd- und Luftbildmessung im Gebirge; AVN Berlin 1951/3.
- Finsterwalder R., Zu den Schichtlinien der Deutschen Karte 1:25.000; Die Erde, Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin, Heft 1, 1951/52.
- Finsterwalder R., Das Musterblatt für die Topographische Karte 1:100.000; Zeitschr. f. Vermessungswesen, Stuttgart 1953, Heft 2.
- Gronwald W., Topographisch-Morphologische Kartenprobe 1:25.000, Blatt 1 "Küstendünen"; Nachrichten des Reichsvermessungsdienstes, Berlin 1942.
- Gruber O. v., Forschungskarte des zentralen Kaisergebirges; Alpenvereinskartographie, Sammlung Wichmann, Band 3, 1935.
- Härry H., Neuordnung der Vervielfältigung des Uebersichtsplanes der Schweizerischen Grundbuchvermessung; Schweizerische Zeitschrift f. Vermessung und Kulturtechnik, 1951, Nr. 8.
- Heissler V., Möglichkeiten und Vorschläge für die Verwendung und Weiterentwicklung der Deutschen Grundkarte 1:5000; Niedersächsisches Landesvermessungsamt, Hannover 1949.
- Imhof E., Die Felsdarstellung auf Grund photogrammetrischer Aufnahmen; Comptes Rendus du Congrès International de Géographie, Amsterdam 1938.
- Imhof E., Gelände und Karte; Eugen Rentsch-Verlag, Erlenbach-Zürich 1950.
- Krebs N., Die Ostalpen und das heutige Österreich; Verl. Engelhorn's Nachf., Stuttgart 1928.
- Leupin, Masstab-Äquidistanz; Schweizerische Zeitschr. f. Vermessungswesen und Kulturtechnik, 1934.
- Lucerna R., Neue Methode der Kartendarstellung; Petermann's Geographische Mitteilungen 1928.

- Lucerna R., Fazettierung; Petermanns Geographische Mitteilungen 1931.
- Lucerna R., Kantographie; Comptes Rendus du Congrès International de Géographie, Amsterdam 1938.
- Milius K., Offene Fragen der Hochgebirgstopographie; Mitteilungsblatt, Beilage zur Österr. Zeitschrift f. Vermessungswesen, Baden b. Wien, Dezember 1949.
- Müller H., Deutschlands Erdoberflächenformen - Eine Morphologie für Kartenherstellung und Kartenlehre; Verl. Konrad Wittwer, Stuttgart 1941.
- Pillewizer W., Ein wichtiger Beitrag zur Deutschen Hochgebirgskartographie; "Erdkunde" Band VII/2 1935, Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn.
- Rabensteiner W., Höhenlinien in der Karte 1:25.000; Zeitschrift f. Vermessungswesen, Stuttgart 1951/3.
- Reichsamt für Landesaufnahme, Musterblatt für die Topographische Karte 1:25.000, Berlin 1939.
- Reichsamt für Landesaufnahme, Musterblatt für die Deutsche Grundkarte 1:5000, Berlin 1939.
- Schwidersky K., Luft- und Erdbildmessung; Verlag G. B. Teubner, Leipzig 1942.
- Vermessungsdirektion Bern, Erläuterungen zur Anleitung für die Erstellung des Uebersichtsplanes bei Grundbuchvermessungen, 1946.
- Vermessungsdirektion Bern, Fehlergrenzen für die Erstellung des Uebersichtsplanes bei Grundbuchvermessungen.