

Zeitschrift: Mitteilungen der Ostschweizerischen Geographisch-Commerciellen Gesellschaft in St. Gallen
Herausgeber: Ostschweizerische Geographisch-Commercielle Gesellschaft
Band: - (1937-1938)

Artikel: Die Berechnung der Reliefenergie und ihre Bedeutung als graphische Darstellung
Autor: Schläpfer, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1092103>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 17.04.2026

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

Die Berechnung der Reliefenergie und ihre Bedeutung als graphische Darstellung

Von Dr. A. Schläpfer

I. Kapitel

Einleitung

a. Morphometrie

Die Morphometrie ist ein Teilgebiet der geographischen Wissenschaft. Sie versucht einzelne Charakterzüge der Landschaft arithmetisch auszudrücken. Zu diesem Zwecke werden von typischen Formen- und Größenverhältnissen die Mittelwerte berechnet. Damit soll dem subjektiven Ermessen durch eine mathematisch gesicherte Grundlage eine Grenze gesetzt werden.

Eine arithmetische Beurteilung der Landschaftsformen wird aber nur dann von Nutzen sein, wenn sie nicht als Selbstzweck aufgefaßt wird, sondern von der mathematischen Abstraktion zur geographischen Wirklichkeit übergeht. Ein bekannter Vertreter einer solchen Arbeitsrichtung war HERMANN WAGNER. Für ihn waren Maß und Zahl in der Geographie das Fundament jeder Erkenntnis. Die geographische Wissenschaft von heute ist von dieser spezifisch Wagnerschen Einstellung wieder etwas abgerückt. Sie vertritt vielmehr den Standpunkt von A. HETTNER,¹ der den errechneten Mittelwerten praktisch keine so große Bedeutung beimißt, weil sich das charakteristische Landschaftsbild nicht durch Mittelwerte erfassen läßt. Maß und Zahl behalten aber in der Geographie trotzdem ihre Bedeutung bei, solange sie einfach Mittel zum Zweck sind.

KREBS² zählt zu den wichtigsten morphometrischen Begriffen den mittleren und den typischen Böschungswinkel, die mittlere Kamm- und Sattelhöhe, die mittlere absolute Höhe, die hypsographische Kurve und

¹ Die Oberflächenformen des Festlandes. 1928.

² Maß und Zahl in der physischen Geographie. Hermann Wagner-Gedächtnisschrift. Ergänzungsheft Nr. 209 zu Peterm. Mitt. 1930.

die Reliefenergie. Der Böschungswinkel und die Reliefenergie sind für ihn die festen Grundlagen jeder Darstellung der Erdoberflächenformen.

Die Berechnung der Böschungswinkel stößt heute auf keine Schwierigkeiten; dagegen sind die Auffassungen über Wesen und Begriff der *Reliefenergie* einerseits, sowie über Berechnung und graphische Darstellung derselben andererseits noch strittig. Diese verschiedenen Fragen sollen daher in dieser Arbeit eingehend untersucht werden.

b. Karten

Das Material zur Berechnung mittlerer Zahlwerte entnimmt die Morphometrie den Karten. Sie verläßt sich demnach ausschließlich auf die Zuverlässigkeit und die Einheitlichkeit der benutzten topographischen Kartenwerke. Als Grundlage für die in dieser Arbeit durchgeführten Berechnungen dienten:

1. Der Topographische Atlas der Schweiz (Siegfriedkarte), Blätter Nr. 181, 184, 195, 197, 198, 200, 369 und 372. Maßstab 1:25 000.
2. Die Topographischen Karten der Schweiz (Dufourkarte), Blätter Bern und Luzern. Maßstab 1:100 000.
3. Die Exkursionskarte Napf-Entlebuch. Maßstab 1:50 000, Äquidistanz 20 m. Verlag Kümmerly & Frey, Bern.

2. Kapitel

Allgemeines

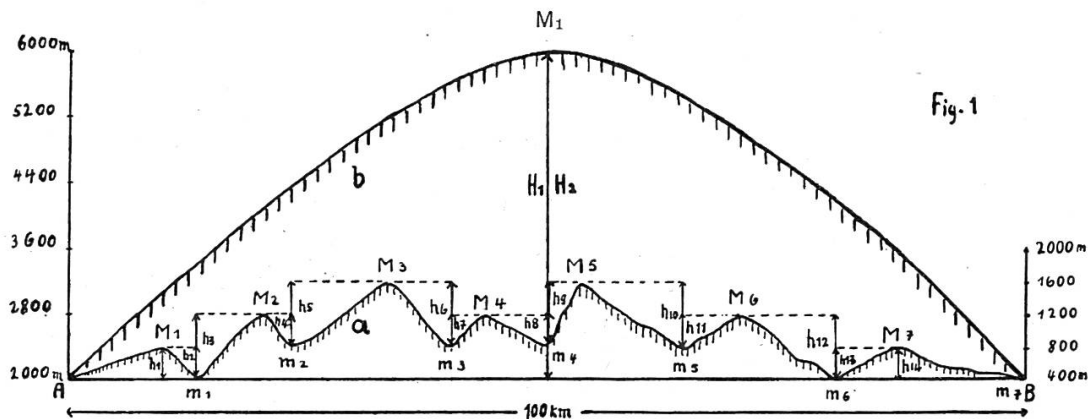
a. Wesen und Begriff der Reliefenergie

I. Wesen der Reliefenergie

Für die Charakterisierung einer Landschaft gebraucht man oft den Ausdruck „Reliefenergie“. So spricht man in der Morphologie von einem Gelände mit geringer, mittlerer oder großer Reliefenergie. Man will damit den Gegensatz zwischen einer eintönigen, gleichmäßig verlaufenden und einer wechsellvollen, stark zertalten Landschaft hervorheben.

Zeichnet man von irgendeinem Gebiet das topographische Profil, so läßt sich das Ausmaß der Zertalung berechnen und durch einen entsprechenden Zahlwert ausdrücken. Zu diesem Zwecke mißt man die Höhen-

unterschiede zwischen dem Ausgangspunkt (Punkt A in Fig. 1) und dem ersten Maximum (M_1), zwischen diesem und dem ersten Minimum (m_1), dann zwischen dem ersten Minimum und dem zweiten Maximum (M_2) usw. Aus der Summe der Auf- und Abstiege läßt sich die mittlere Höhendifferenz (Mittel aller Höhenunterschiede) pro km berechnen. Je nachdem der hieraus entstandene Wert groß oder klein ist, spricht man von einem bewegten oder ruhigen Relief. Solche abstrakte Zahlwerte geben aber ein sehr unvollständiges Bild vom Relief der betreffenden Landschaft. Folgendes Beispiel möge dies veranschaulichen:



Mittlere Höhendifferenz pro km: $hm = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n}{\text{Basislänge}}$

$$a) hm = \frac{400 \text{ m} + 400 \text{ m} + 800 \text{ m} + 400 \text{ m} + \dots + 400 \text{ m}}{100 \text{ km}} = \frac{8000 \text{ m}}{100 \text{ km}} = \mathbf{80 \text{ m/km}}$$

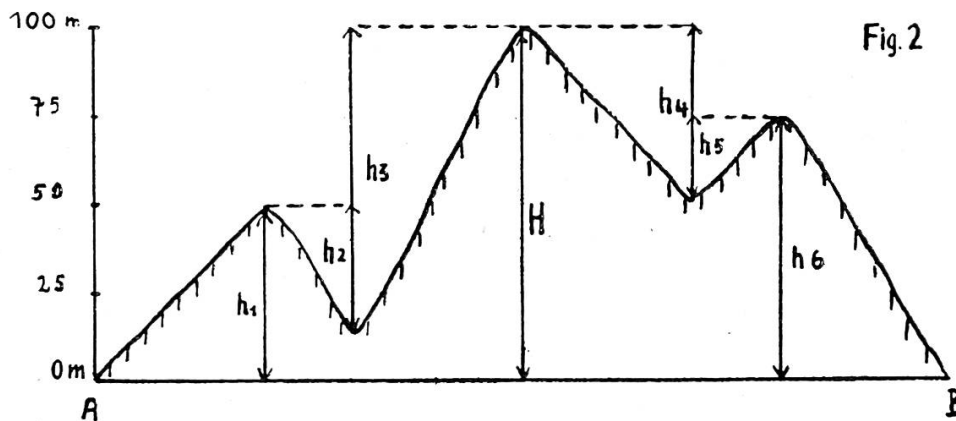
$$b) Hm = \frac{H_1 + H_2}{\text{Basislänge}} = \frac{4000 \text{ m} + 4000 \text{ m}}{100 \text{ km}} = \frac{8000 \text{ m}}{100 \text{ km}} = \mathbf{80 \text{ m/km}}$$

Kurve a stellt das Profil einer reich zertalten Landschaft dar, wie sie etwa in den Badlands von Dakota zu finden ist; Kurve b hingegen das einer einheitlichen Gebirgsform, wie zum Beispiel des Kibo in Ostafrika. Die Gesamtsumme der relativen Höhen, das heißt der Höhenunterschiede zwischen Kamm und benachbarter Talsohle ist nach Fig. 1 in beiden Profilen gleich groß. Sie würde in der Natur einer Summe von 8000 m entsprechen, was einer mittleren Höhendifferenz von 80 m/km gleichkäme (das heißt, die Summe aller Auf- und Abstiege würde im Durchschnitt 80 m auf 1 km betragen). Dieses Beispiel zeigt somit, daß ganz verschiedene Formelemente unter Umständen gleiche mittlere Höhendifferenzen haben können.

Mit solchen Zahlen ist dem Geographen wenig gedient; denn sie sagen ihm nichts darüber, ob die Hänge steil oder weniger steil sind, ob die

Zertalung jung oder reif ist usw. Zur Beurteilung der Oberflächenformen ist daher nicht nur die Kenntnis der *mittleren Höhenunterschiede* nötig, sondern auch der *Anzahl der Auf- und Abstiege*, sowie der dazugehörigen *Böschungswinkel*. Erst wenn alle diese drei Faktoren bekannt sind, ist es möglich, von der betreffenden Landschaft ein richtiges Bild zu bekommen.

Ähnlich wie beim topographischen Profil die mittleren Höhendifferenzen gefunden und mit der *Basislinie* verglichen werden, möchte man auch den mittleren Wert der relativen Höhen, die sogenannte *Reliefenergie*, berechnen und mit der *Basisfläche* vergleichen. Dazu eignet sich aber das Profil als lineares Gebilde nicht, weil es nur die Höhendifferenzen von einem



Reliefenergie, berechnet aus der maximalen
Höhendifferenz: **H = 100 m**

Reliefenergie, berechnet aus verschiedenen
Höhendifferenzen:

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6}{6} = \\
 &= \frac{50 \text{ m} + 37,5 \text{ m} + 87,5 \text{ m} + 50 \text{ m} + 25 \text{ m} + 75 \text{ m}}{6} = \\
 &= \frac{325 \text{ m}}{6} = \mathbf{54,16 \text{ m}}
 \end{aligned}$$

durch das Gelände willkürlich ausgewählten Schnitt vermittelt. Denn es ergäbe sich die schwierige Frage, *wo*, *wie* und *wieviele* Profile durch eine Landschaft gelegt werden müßten. Je nachdem die Profile längs, quer oder unter einem bestimmten Winkel, zum Beispiel durch die Jurafalten gelegt würden, entstünde diese oder jene Reliefenergie. Noch viel schwieriger wäre die Entscheidung für ein radiär verlaufendes Flußsystem, wie zum Beispiel im Napf oder in den Többergen, zu treffen. Aus diesem Grunde kommen die Profile für die Berechnung der Reliefenergie nicht in Frage.

Mit der Berechnung der Reliefenergie soll versucht werden, die Plastik des Geländes durch abstrakte Zahlwerte auszudrücken. Da dies aber auf verschiedene Arten möglich ist, gehen die Auffassungen, die im Begriff Reliefenergie enthalten sind, weit auseinander.

Die Reliefenergie will nicht direkt oder indirekt den Böschungswinkel angeben, *sondern nur die Höhenunterschiede der verschiedenen Formelemente*. Hierfür bestehen grundsätzlich zwei Möglichkeiten.

1. Man ermittelt innerhalb einer bestimmten Fläche die Höhendifferenz zwischen dem höchsten und dem tiefsten Punkt (maximale Höhendifferenz).
2. Man berechnet innerhalb einer bestimmten Fläche das arithmetische Mittel aus den zwischen je zwei benachbarten Formelementen ermittelten Höhendifferenzen.

Je nachdem die eine oder andere Art gewählt wird, ergeben sich verschiedene Werte. Da es sich in den meisten Fällen um ganz beträchtliche Unterschiede handelt (siehe Fig. 2), muß der Begriff Reliefenergie genauer umschrieben werden.

II. Begriffsbestimmung

Als Reliefenergie der Landschaft bezeichnet J. PARTSCH¹ den *Abstand* zwischen dem Niveau der Höhengipfel und dem der Talgründe. Partsch hat damit den Begriff Energie in der Geographie verwendet und auf seine große Bedeutung aufmerksam gemacht.

Auf die Geographie angewandt bedeutet dieser Begriff: jeder Hang, jede Talseite besitzt eine gewisse potentielle Energie in bezug auf den Talboden. Diese in unserm physikalischen System enthaltene Energie ist quantitativ konstant (Gesetz von der Erhaltung der Energie). Die Form der Energie kann sich jedoch im Laufe der Jahrtausende ändern. Auf Zeiten energischer Gebirgsbildung folgten immer wieder Ruhepausen der Orogenese, während welcher die Denudation, mit dem Ziel, die potentielle Energie auf ein Minimum herabzusetzen, den Ausschlag gab. Die Reduktion ist daher eine Folge der geodynamischen Kräfte, die beständig einen Teil der Lage-Energie in kinetische Energie umwandeln. Durch Flüsse, Wind, Rutschungen, Bergstürze, Steinschlag usw. wird das Material den tiefsten Punkten der Erde zugeführt.

N. KREBS² bezeichnet als Reliefenergie den *Höhenunterschied* zwischen *benachbarten* Hohl- und Vollformen. Damit unterscheidet sich diese De-

¹ Eine Landeskunde für das deutsche Volk, Bd. II, S. 586. 1911.

² Eine Karte der Reliefenergie Süddeutschlands. Peterm. Geogr. Mitt. 1922, Bd. 68, S. 49.

definition von der Partschschen (vgl. oben). Dieser versteht unter Reliefenergie den „Abstand zwischen dem Niveau der Höhengscheitel und dem der Talgründe“, mit andern Worten, die Differenz zwischen dem höchsten Scheitel und dem tiefsten Fußpunkte innerhalb einer willkürlich, aber für die ganze Darstellung gleich groß gewählten Einheitsfläche. Ob dabei zwischen den beiden Bestimmungspunkten noch weitere Erhebungen oder Vertiefungen liegen, ist nach ihm ohne Bedeutung. Anders aber nach der Definition von Krebs, der unter Reliefenergie nur den relativen Höhenunterschied zweier benachbarter Landschaftsformen versteht. Der Begriff Reliefenergie wird dadurch von Krebs wesentlich enger gefaßt als von Partsch.

Eine begrifflich noch genauere Fassung hat H. SCHREPFER¹ der Reliefenergie gegeben. Er weist darauf hin, daß die Reliefenergie überhaupt kein eindeutiger Begriff sei. Sie wird von ihm als eine geometrische Größe betrachtet. Gleich wie sich durch irgendeinen geometrischen Punkt im Raum ein beliebig dichtes Strahlenbündel denken läßt, kann man vom tiefsten Punkt einer Mulde oder vom höchsten Punkt eines Berges beliebig viele Strahlen nach irgendeinem Punkt der dazugehörenden Basislinie ziehen. Der Aufriß irgendeiner solchen Verbindungsstrecke ergibt die Maßzahl der betreffenden Reliefenergie. Da aber alle Erhebungen und Vertiefungen der Landschaft stets asymmetrische Formen sind, wird die Niveaudifferenz zwischen dem höchsten oder tiefsten Punkt und irgendeinem Punkt auf der Basislinie stets verschieden sein. Auf Grund dieser Überlegung teilt Schrepfer die Reliefenergie ein in:

1. eine maximale (größte Niveaudifferenz),
2. eine minimale (kleinste Niveaudifferenz),
3. eine mittlere (als Mittelwert sämtlicher Messungen),
4. eine typische (als Häufungswert).

Praktisch ist nur die maximale Reliefenergie von Bedeutung. Die minimale zu bestimmen hätte keinen Sinn, weil sie zur Charakterisierung der Landschaft nichts beiträgt. Die mittlere und die typische ließen sich wohl theoretisch berechnen; bei dem großen Zeitaufwand lohnt sich aber eine solche Berechnung kaum.

Vergleicht man die drei angeführten Definitionen, so läßt sich folgendes feststellen:

¹ Die maximale Reliefenergie Westdeutschlands. *Peterm. Geogr. Mitt.* 1930. Bd. 76, S. 225.

Zunächst die Begriffsbestimmung von Partsch und Schrepfer! Dieser unterscheidet, wie betont wurde, vier verschiedene Arten. Da aber nur eine, die maximale, von praktischer Bedeutung ist, wollen wir auch nur diese der Definition von Partsch gegenüberstellen. Partsch bezeichnet als Reliefenergie den Abstand zwischen dem Niveau der Höhengipfel und dem der Talgründe, Schrepfer hingegen den Abstand zwischen den extremsten Punkten überhaupt. In der Praxis wurde jedoch auch die von Partsch definierte Reliefenergie gleich berechnet wie die von Schrepfer. Die Reliefenergie im Sinne des letztgenannten wird jedoch begrifflich einfacher und doch genau umschrieben und entspricht auch den tatsächlichen Erfordernissen am besten. Der Definition Schrepfers ist daher zweifellos der Vorzug zu geben; sie ist bei den folgenden Betrachtungen weiterhin zu verwenden.

Zu der maximalen Reliefenergie steht die Reliefenergie von *Krebs* in einem bestimmten Gegensatz. Er versteht darunter nur den Höhenunterschied von ein und derselben Erhebung. Im Begriffe der maximalen Reliefenergie ist aber das Merkmal der morphologischen Zusammengehörigkeit der Vergleichspunkte nicht enthalten. Der Reliefenergiebegriff von *Krebs* kommt daher der geographischen Wirklichkeit näher als der Begriff der maximalen Reliefenergie. Jener ist für die Landschaft in größerem Maße typisch. Wir wollen daher die von *Krebs* definierte Reliefenergie als *typische* bezeichnen. Sie darf jedoch mit der von Schrepfer benannten typischen Reliefenergie nicht verwechselt werden. Nach ihm ist darunter der Durchschnittswert aller jener Messungen zu verstehen, die sich an ein und demselben Berg am häufigsten ergeben würden. Diese Berechnung kann jedoch praktisch kaum durchgeführt werden.

Aus dem Gesagten ergibt sich nun folgendes: Es hat sich gezeigt, daß von den Definitionen Schrepfers die maximale Reliefenergie begrifflich verwertbar ist. Aber auch der von *Krebs* umschriebene Begriff leistet wissenschaftliche Dienste und ist daher für unsere Arbeit brauchbar. Wir geben ihm eine Bezeichnung, die wir der Terminologie Schrepfers entnehmen. So gelangen wir zu der Definition über die Reliefenergie, wie wir sie in dieser Arbeit verwenden. Es ist, richtig gesehen, grundsätzlich zu unterscheiden zwischen maximaler und typischer Reliefenergie.

Von *maximaler* Reliefenergie kann gesprochen werden, wenn für eine beliebig große, aber in ein und derselben graphischen Darstellung stets gleiche Flächeneinheit die maximale Niveaudifferenz bestimmt wird, unbekümmert um die morphologische Zusammengehörigkeit der Land-

schaftselemente. *Typische* Reliefenergie ist hingegen der Höhenunterschied zwischen benachbarten Hohl- und Vollformen.

Endlich sei noch betont, daß relative Höhe und Reliefenergie nicht gleichbedeutende Begriffe sind. Die relative Höhe ist der Niveauunterschied zweier Punkte im Raum. Bei der Reliefenergie hingegen wird dieses Längenmaß noch auf eine bestimmte Flächeneinheit bezogen. Die Reliefenergie ist daher nicht absolut, sondern relativ zu bewerten. Sie ist der relative Wert der relativen Höhen und kann in einem gewissen Sinn als eine Art Dichte aufgefaßt werden. Ähnlich wie wir die Einwohnerzahl eines Gebietes auf eine Einheitsfläche beziehen und auf diese Weise die Dichte der Bevölkerung erhalten, ergibt sich auf Grund einer Berechnung der Reliefenergie die Dichte der relativen Höhen.

Diese Behauptung gilt nun allerdings bloß mit einer ganz bestimmten Einschränkung. Die Volkdichte ist das zahlenmäßige Verhältnis der Bevölkerung zur Größe des von ihr bewohnten Gebietes. Sie wird meistens auf die Einheitsfläche von einem Quadratkilometer bezogen. Bei der Berechnung der Dichte der relativen Höhen ändert aber die Einheitsfläche, auf die die Werte bezogen werden, von Darstellung zu Darstellung. Aus diesem Grunde kann der für eine Einheitsfläche berechnete Mittelwert nur auf diese Einheitsfläche und nicht auf eine weitere, zum Beispiel 1 km², bezogen werden. Bei der Benützung einer Reliefenergiekarte muß daher auch die Größe der Flächeneinheit stets berücksichtigt werden. Sie stellt, wie jede morphometrische Größe, nur einen Mittelwert dar, der für die betreffende Landschaft niemals charakteristisch ist.

b. Wert der Reliefenergieberechnung

Wichtiger als die *absolute Erhebung* einer Landschaft über Meer sind für ihre Charakterisierung die *relativen Höhen*. Diese geben uns eine Vorstellung von der Unebenheit eines Geländes; sie zeigen uns den Grad der fluviatilen Zertalung an, mit andern Worten, sie charakterisieren den Formenwechsel des Geländes nach all den Gesichtspunkten, die für die Bedingungen eines Lebensraumes notwendig sind.

Die Reliefenergie ist aber nicht bloß der ziffermäßige Ausdruck für den Grad der Zerschneidung einer Landschaft, sondern sie dient auch der Beschreibung der Orogenese. Je nach der Entstehung heben sich die Gebirge nach Gestalt und Höhenunterschied von einander ab. Eine Darstellung der Niveaudifferenzen kann daher als Ausgangspunkt der landschaftlichen Gliederung betrachtet werden.

Sie ist daher ein morphometrisches Hilfsmittel, das die subjektive Beurteilung des Beobachters nach Möglichkeit ausschaltet und die Gegensätze zwischen Gebieten mit schwach und stark gegliederter Oberflächen-gestalt hervorzuheben vermag.

Über die praktische Bedeutung der Reliefenergieberechnung für die Charakterisierung der Landschaft besteht daher kein Zweifel. Es fragt sich nur, ob die bis heute verwendeten graphischen Darstellungen der Relief-energie den an sie gestellten Anforderungen genügen. Darüber soll weiter unten gesprochen werden.

c. Ursachen der Verschiedenheit der Reliefenergie

Das Relief der Erdoberfläche ist das Resultat des endogenen und exo-genen Kräftespiels. Die Höhenunterschiede im Gebiete der alpinen Oro-genese sind ganz anders als die im Vor- oder Rückland. Faltengebirge zeigen im allgemeinen ein viel unruhigeres Relief als Rumpf- oder Tafel-gebirge. Innerhalb eines Faltengebirges wird sich die potentielle Energie wiederum differenzieren. Scharungen haben im allgemeinen größere, Virgationen kleinere, dafür aber unregelmäßigere Niveaudifferenzen.

Betrachten wir die Alpen! Der westalpine Bogen erfährt eine Zu-sammenraffung, bei Nizza auf zirka 80 km. Dieses gewaltige Zusammen-drängen der alpinen Faltung auf einer so schmalen Basisfläche hatte eine entsprechende Erhöhung des Gebirgskörpers zur Folge. Im ostalpinen Bogen hingegen, zum Beispiel zwischen Triest-Klagenfurt-Steyr, erreichen sie eine Breite von zirka 280 km. Hier haben wir es nicht mehr mit einer Scharung, sondern mit dem Beginn der großen Virgation um das pan-nonische Massiv zu tun. Die Alpen sind hier breiter und niedriger als im Westen. Die Reliefenergie, als Maßzahl der potentiellen Energie von Alpenkörper und Vor- oder Rückland betrachtet, ist im westlichen Sektor größer als im östlichen. Auch im kleinen zeigt sich stets dasselbe Bild. Wo die Alpenzone eng und hoch gepreßt ist, stellt sich ein größeres Ge-fälle und dementsprechend eine intensivere Erosion ein. Im Osten hingegen nimmt das Gefälle ab, und die fluviatile Erosion wird geringer. Die Flüsse gelangten hier in ihrer rückgreifenden Erosion langsam ins Alpeninnere (vgl. Quer- und Längstalbildung zwischen West- und Ostalpen). Die Reliefenergie, aufgefaßt als Grad der Zerschneidung, ist hier kleiner als im Westen.

Aus diesem Beispiel geht hervor, daß die primäre Ursache der Ver-schiedenheit des Reliefs und somit auch der Reliefenergie mit der Oro-genese zusammenhängt.

Noch wichtiger aber als die Reliefenergie in den Strukturformen erscheint für die Morphologie die der Skulpturformen.

Fluviatile und glaziale Erosion bewirken in der Hauptsache mit der vorausgehenden mechanischen und chemischen Verwitterung den allgemeinen Abtrag der Erdoberfläche; als Endergebnis erscheint die Bildung der Peneplain. Mit dem Abschluß der Einrumpfung würde sich die Reliefenergie dem Werte Null nähern. Je länger die Abtragung andauert, desto bescheidener wird die Reliefenergie auf der Erdoberfläche. Demzufolge wäre die Reliefenergie der zuverlässigste Gradmesser für das Vorschreiten der Denudation (Erosionszyklus: Jugend, Reife, Alter). Eine bis zur Peneplain vorgeschrittene Abtragung enthauptete die herzynischen Gebirgsfalten nach dem Karbon. (Faltungsdiskordanz zwischen herzynischem Grundgebirge und jüngern Sedimenten!) Auch die fluviatile Tallandschaft der Alpen müßte wohl schon längst im Reifestadium stehen, wenn nicht die Eiszeiten hemmend und umgestaltend eingewirkt hätten.

Die fluviatile Zertalung und glaziale Ausfurchung ist aber nicht nur eine Wirkung des Klimas, sondern hängt auch von der petrographischen Beschaffenheit, von den Lagerungsverhältnissen, von der Neigung der Schichten usw. ab. Je nachdem in einem Relief die Struktur oder die Skulptur mehr zum Ausdruck kommt, wird die Reliefenergie entsprechend anders sein.

Somit ist die Ursache der Verschiedenheit der Reliefenergie in nichts anderem als in der Wirkung der verschiedenen gestaltenden Faktoren, die in und an der Erdrinde tätig sind, zu erblicken.

3. Kapitel

Art und Weise der Berechnung der Reliefenergie

Die in der Literatur bisher nach der sogenannten Feldermethode durchgeführten Berechnungen der Reliefenergie befriedigen nicht restlos. Für die vorliegende Arbeit wurde daher eine etwas abgeänderte Methode gewählt, wie sie im folgenden dargestellt werden soll. Vorher gehen wir auf die von Partsch und Krebs verwendeten Methoden ein; an diesen beiden Beispielen hat es sich erwiesen, in welcher Hinsicht noch Wünsche offen bleiben.

a. Methode nach J. Partsch

Partsch berechnete die Reliefenergie von Niederschlesien. Zu diesem Zwecke teilte er die als topographische Unterlage dienenden Meßtischblätter in je vier gleiche Flächeneinheiten ein: in Quadrate, die einer Länge von 5–6 km, also einer Fläche von zirka 32 km² entsprechen. In jedem dieser Felder wurde die absolute Höhe des höchsten Scheitelpunktes und des tiefsten Fußpunktes einer Erhebung markiert. Die aus diesen zwei Punkten berechnete Höhendifferenz ergab die Maßzahl für die Reliefenergie der betreffenden Einheitsfläche.

Warum Partsch als Flächeneinheit gerade den vierten Teil eines Meßtischblattes wählte, wurde von ihm nicht näher begründet. Eine Prüfung ergibt jedoch, daß diese Wahl wohl *willkürlich* ist. Vergleicht man nun die topographische Karte mit der in Form eines Kartogramms erstellten graphischen Darstellung von Niederschlesien, so zeigt sich zwar, daß der Verfasser in diesem speziellen Falle eine zweckmäßige Größe der Felder wählte. Bei den später von anderen Geographen vorgenommenen Berechnungen aber, die ebenfalls nach der Partschschen Methode durchgeführt wurden, stimmt das Felder- beziehungsweise Maschennetz mit den entsprechenden topographischen Verhältnissen nicht oder jedenfalls weniger gut überein. Die von Partsch getroffene Wahl der Feldergröße stellt sich deshalb als geeignet heraus, weil es sich in seinem Beispiel um eine relativ einfach gegliederte Landschaft handelt. Bei den von allen andern Autoren durchgeführten Berechnungen, die sich auf viel formenreichere Gebiete beziehen, erweist sich die willkürliche Bestimmung der Maschenweite aber als ein Nachteil. Die von Partsch angewendete Methode kann also nicht eine *allgemeine* Verwendung finden, das heißt sie kann nicht unabhängig vom Grad der Gliederung einer graphisch darzustellenden Landschaft benützt werden. Das ist offenkundig ein Nachteil, der nicht unterschätzt werden darf.

b. Methode nach N. Krebs

Nobert Krebs berechnete die Reliefenergie von Süddeutschland. Die topographische Karte zerlegte er in Quadrate von 10 km Länge, also von 100 km² Fläche. In jedem so gezeichneten Felde wurden die nach Belieben ausgesuchten, aber organisch zusammengehörenden Punktpaare angegeben. Mit dem einen Punkt mußte immer ein Scheitelpunkt, mit dem andern

ein Fußpunkt einer morphologisch *einheitlichen* Landschaftsform markiert werden; außerdem sollte der Horizontalabstand der beiden Vergleichspunkte nie mehr als 5 km betragen. Anhand dieser beiden Punkte wurde sodann der Niveauunterschied ermittelt. (Auf Kurvenkarten konnte er leicht an den Isohypsen abgezählt werden.) In jedem Felde führte Krebs mindestens vier Messungen durch, deren Ergebnisse er getrennt aufzeichnete, so daß durchschnittlich auf eine Fläche von 25 km² eine Reliefenergieberechnung kommt.

Diese Methode unterscheidet sich vom Partschschen Verfahren dadurch, daß die zur Markierung der Vergleichspunkte ausgewählten Formelemente unabhängig von der jeweiligen Maschenweite bestimmt werden können, und zwar deshalb, weil die Maschenweiten an sich sehr groß sind. Infolge der willkürlichen Wahl der Formelemente ist aber auch die Berechnung der Reliefenergie ganz vom subjektiven Ermessen des Autors abhängig. Außerdem erzeugt diese Methode wegen der für die Vergleichspunkte vorgeschriebenen Horizontalentfernung von 5 km gleiche Fehler (vgl. S. 20 und 44) wie ein von der Gliederung der Landschaft unabhängig gewähltes Maschennetz, so daß diese Methode am Ende keinen Fortschritt bedeutet.

c. Die in der vorliegenden Darstellung verwendete Methode

In folgerichtiger Anwendung der von uns vorgenommenen Unterscheidung zwischen maximaler und typischer Reliefenergie ist auch in der Berechnungsmethode auf diese beiden Arten abzustellen, das heißt es ist für jede einzelne Art die Methode zu beschreiben.

1. Die Berechnung der maximalen Reliefenergie

Für diesen Fall wurden die Karten des Topographischen Atlas der Schweiz (Siegfried) anhand der Koordinaten in geometrische Felder eingeteilt, deren Seiten einer Länge von 2 km entsprechen. Die Größe dieser Felder haben wir *nicht willkürlich*, sondern nach der auf Seite 28 und ff. ausführlich erläuterten Methode bestimmt. Mit Hilfe der Isohypsen wurden dann in jedem Felde die Meereshöhen der beiden extremsten Punkte angegeben. Wo und wie die beiden Vergleichspunkte im Quadrate liegen, ist für diese Berechnungsart gleichgültig (vgl. Seite 7: Definition der maximalen Reliefenergie). Die Höhendifferenz der beiden Punkte ergibt die Maßzahl der maximalen Reliefenergie (vgl. Tabelle 9).

2. Die Berechnung der typischen Reliefenergie

Hier wurde die gleiche Maschengröße verwendet wie bei der Berechnung der maximalen Reliefenergie. In jedem Felde suchten wir zwei dem Formelement nach zusammengehörende, aber vertikal möglichst weit voneinander entfernte Höhenpunkte aus. Ihr Horizontalabstand wurde nicht, wie bei der Methode von Krebs, einheitlich begrenzt. Der Abstand kann daher im Höchsthalle gleich der Länge der Diagonale eines Feldes sein, also einer Länge von 2,8 km entsprechen. Weiterhin wurde stets darauf geachtet, daß die beiden Vergleichspunkte in dieselbe Gefällsrichtung zu liegen kommen. Die Niveaudifferenz der beiden Höhenpunkte ergibt die typische Reliefenergie. In unübersichtlichem Gelände wurden 3-4 Messungen durchgeführt. Der daraus gewonnene Mittelwert stellt die typische Reliefenergie des betreffenden Feldes dar (vgl. Tabelle 8).

4. Kapitel

Die Reliefenergie in ihrer graphischen Darstellung

A. Systematische Zusammenstellung und Kritik der bisher veröffentlichten graphischen Darstellungen

In diesem Abschnitt sollen die bis heute bekannten graphischen Darstellungen der Reliefenergie in systematischer Weise besprochen und auf ihren praktischen Wert hin kritisch geprüft werden. Zur raschen Orientierung und zur Vergleichung des methodischen Aufbaues der veröffentlichten Kartogramme und Karten diene die am Anfang jeder Besprechnug gegebene Übersicht.

a. J. Partsch

1. Dargestelltes Gebiet : Niederschlesien.
2. Topographische Karten : Meßtischblätter 1:25 000.
3. Art der graphischen Darstellung : *Kartogramm*.
4. Größe der gewählten Felder : Seitenlänge: $\frac{1}{4}$ Meßtischblatt = 5 bis 6 km; Fläche zirka 32 km².
5. Anzahl der Messungen pro Feld : 1 Messung.
6. Maximale Distanz
der Vergleichspunkte : 8 km (Diagonale).

7. Anzahl der Höhenstufen : 11 Stufen, innerhalb 0–300 m.
 8. Maßstab der graphischen Darstellung : 1:1 000 000.
 9. Veröffentlichung : Eine Landeskunde für das deutsche Volk, Bd. II, S. 586, Breslau 1911.

Partsch stellte die Reliefenergie, die nach der auf Seite 11 beschriebenen Methode berechnet wurde, graphisch als sogenanntes *Kartogramm* dar. Er wollte die Unebenheit der Kiefernheide in Niederschlesien und den Formenwechsel des sie umgebenden Geländes zum Ausdruck bringen. Die Tatsache, daß die absolute Höhe der Heide zwischen 100 und 180 m über Meer schwankt, ist noch kein Beweis für eine besonders starke Unebenheit des Geländes. „Eine Karte der Reliefenergie zeigt denn auch sofort“, wie Partsch Seite 586¹ sagt, „wie die Heide zwar viel geringere Unebenheiten umschließt als ihre nördliche und südliche Umgebung, aber doch keineswegs dem Ideal der Ebene sich soweit nähert wie die mittelschlesische Ackerflur.“

Ist dieses von Partsch vorgeschlagene Verfahren das einzige, das über die Intensität der landschaftlichen Gliederung Aufschluß erteilen kann? Kommt die Bewegtheit der Bodenformen in einem geographischen Profil oder in einem Blockdiagramm oder vielleicht sogar in einer guten topographischen Karte nicht genügend zum Ausdruck?

Das geographische *Profil* als lineares Gebilde zeigt die Unebenheit des Bodens nur von einem ganz bestimmten, willkürlich gewählten Schnitt aus (vgl. Seite 2). Das *Blockdiagramm* läßt die Landschaft in einer Gesamtübersicht und in ihrer Struktur erscheinen. Eine topographische *Karte* veranschaulicht zwar wohl die relativen Höhenunterschiede; aber die Übersicht ist auch bei dieser Darstellung – wie übrigens in noch vermehrtem Maße beim Profil und beim Blockdiagramm – auf einen eng begrenzten Raum beschränkt. Dem gegenüber hat das Kartogramm von Partsch den großen Vorteil, daß es einen Überblick über das ganze in Frage kommende Gebiet gestattet. Eine topographische Karte kann eben wegen ihres kleinen Maßstabes nur die wesentlichsten Höhenunterschiede hervorheben. Auf Detailkarten eine allgemeine Übersicht zu gewinnen ist ebenfalls unmöglich. Die Methode der *graphischen Darstellung* der Reliefenergie hat also zweifellos einen Vorteil gegenüber den andern Methoden. Partsch hat damit der geographischen Wissenschaft ein neues wertvolles Hilfsmittel in die Hand gegeben – ein Verdienst, das wohl wert ist, hervorgehoben zu werden.

¹ a. a. O. S. 5.

Was Partsch mit seinem Kartogramm erreichen wollte, ist ihm gelungen, und zwar aus folgenden Gründen:

Es handelt sich in dem zur Darstellung gebrachten Geländeausschnitt um eine morphologisch einfach gegliederte Landschaft: Heide und deren Randgebiete (Hügellandschaft). Solche Niveaudifferenzen sind zwar auch auf topographischen Detailkarten noch ersichtlich, aber niemals in dieser abstrakten Form und in dieser großen Übersicht.

Weiterhin läßt es Partsch nicht bei der Farbenabstufung von 30 zu 30 m bewenden, sondern er setzt in jedes Feld auch noch die berechnete Maßzahl ein. Dadurch büßt wohl die Übersichtlichkeit etwas ein; dafür aber kommen selbst im Heidegebiet Unebenheiten innerhalb der Farbenabstufung zur Geltung, was für ein so einheitliches Gebiet, wie es die Heide darstellt, von großer Bedeutung ist.

b. N. Krebs

1. Dargestelltes Gebiet : Süddeutschland.
2. Topographische Karten : Karte des Deutschen Reiches
I : 200 000 000.
3. Art der graphischen Darstellung : *Karte*.
4. Größe der gewählten Felder : Seitenlänge 10 km, Fläche 100 km².
5. Anzahl der Messungen pro Feld : 4, in stark kuperem Gelände bis 8 Messungen.
6. Maximale Distanz
der Vergleichspunkte : 5 km.
7. Anzahl der Höhenstufen : 11 Stufen innerhalb 0–2000 m.
8. Maßstab der graphischen
Darstellung : 1 : 1 500 000, verkleinert und generalisiert 1 : 4 500 000.
9. Veröffentlichung : Eine Karte der Reliefenergie Süddeutschlands. *Peterm. Geogr. Mitt.* 1922. Bd. 68, S. 49.

NB. Eine weitere Karte der Reliefenergie von Krebs erschien über die Ostalpen.

Die Methode von Partsch war für ein so großes und so formenreiches Gebiet, wie es Süddeutschland ist, nicht durchführbar. Dies veranlaßte Krebs, ein anderes Verfahren anzuwenden. Er berechnete nicht die maximale, sondern die *typische* Reliefenergie und stellte sie in folgerichtiger Anwendung graphisch nicht als Kartogramm, sondern als *Karte* dar.

Partsch teilte sein Gebiet auf der topographischen Karte in Felder ein, die je einer Fläche von 32 km² entsprechen; bei Krebs stellen sie hingegen Flächen von je 100 km² dar. Dieser Autor hat richtig erkannt, daß zu klein gewählte Felder ein falsches Bild von der Reliefenergie der Landschaft ergeben hätten. Es blieben ihm deshalb nur zwei Wege offen: entweder das ganze darzustellende Gebiet in morphologisch zusammengehörende Landschaften aufzuteilen oder aber ganz Süddeutschland als Einheit zu betrachten und dafür größere Felder zu wählen.

Im Unterschied zu Partsch, der in jedem Felde die Differenz zwischen dem höchsten Scheitel- und dem tiefsten Fußpunkt angibt, bestimmt Krebs nur den Unterschied zwischen Höhepunkten benachbarter Hohl- und Vollformen. Es ist nicht gleichgültig, ob innerhalb eines Feldes das Gelände gleichmäßig vom tiefsten bis zum höchsten Punkt ansteigt oder ob dazwischen noch weitere Kämmen und Mulden liegen. Angenommen, man würde in jedem, einer Fläche von 100 km² entsprechenden Felde nur den Höhenunterschied der beiden extremsten Punkte angeben, so hätte man es nicht mehr mit der von Partsch definierten Reliefenergie zu tun, weil dann auch das Gefälle in der Talrichtung miteinberechnet würde. Bei einem Quadrat, das einer Länge von 10 km entspricht, respektive einer maximalen Tallänge von 14 km (Diagonale des Quadrats) könnte die Miteinberechnung des Gefälles den Wert der Reliefenergie wesentlich verändern; denn Partsch verwendet den Begriff Reliefenergie für ein Gebiet, dessen Erhebungen auf einer mehr oder weniger gleich hohen Basisfläche liegen, so daß auch bei der Berechnung der maximalen Reliefenergie der Einfluß des Talgefälles unbedeutend ist. Aus diesem Grunde vergleicht Krebs nur Punkte, die in den gleichen morphologischen Landschaftseinheiten liegen, wie in den Ebenen, Hügelgebieten, auf den Plateaux usw.

Eine einzige Messung pro 100 km² darf ferner niemals als Dichtewert der relativen Höhen bezeichnet werden. Deshalb nimmt Krebs mehrere, in stark kuperem Gelände sogar bis acht Messungen vor. Vom geographischen Standpunkt aus bedeutet sein Vorgehen gegenüber der Partschschen Methode einen Fortschritt, mathematisch-kartographisch gesehen aber einen Rückschritt. Dem subjektiven Ermessen wird nämlich – wie Krebs selbst sagt – vollständig freier Spielraum gelassen. Der „geographische Takt“ kommt zwar dadurch voll zur Geltung. Die Karte erhält persönlichen Charakter. Sie muß von ein und demselben Autor erstellt werden, weil bei der freien Wahl der Vergleichspunkte die Auffassungen der Kartographen viel zu verschieden wären. Solche Karten können daher

nicht miteinander verglichen werden. Zweck jeder graphischen Darstellung aber ist, von allem Unwesentlichen zu abstrahieren, um eine auf mathematischer Grundlage beruhende objektive Darstellung zu erhalten, was, wie betont, bei Krebs nicht der Fall ist.

O. Lehmann¹ nennt die Karte von Krebs ein Unding, etwas Namenloses, für welches sich die dafür angewandte Riesenarbeit niemals lohne. So ganz Unrecht hat Lehmann nicht, obwohl der Grundgedanke von Krebs richtig, aber praktisch nicht durchführbar ist. Von einer guten graphischen Darstellung sollte man verlangen können, daß sie sowohl den mathematisch-kartographischen als auch den geographischen Erfordernissen entspricht. Damit das erreicht wird, müssen folgende Bedingungen erfüllt werden:

1. Die Kartierung der Reliefenergie darf sich auf ein nicht allzu großes, das heißt auf ein morphologisch nicht zu verschieden gegliedertes Gebiet erstrecken.
2. Die Wahl der Größe der Felder muß von der Durchtalung des darzustellenden Geländes abhängig gemacht werden.
3. Der von Partsch vorgeschlagene Schematismus sollte der objektiven Darstellung und der Vergleichsmöglichkeit wegen tunlich beibehalten werden.

Zweck der graphischen Darstellung der Reliefenergie ist es, morphologische Grenzen, landschaftliche Gliederungen usw. festzuhalten. Es soll dabei die subjektive Beurteilung des Verfassers ausgeschlossen werden. Krebs darf nach seinem Verfahren nur die Höhenunterschiede zwischen solchen Punkten berechnen, die in *derselben* morphologischen Landschaft liegen. Dies setzt aber voraus, daß man die morphologischen Abgrenzungen in dem darzustellenden Gebiete schon kennt. In diesem Falle brauchen sie aber nicht mehr Gegenstand einer neuen Forschung zu sein.

Die reiche landschaftliche Gliederung Süddeutschlands kommt bei diesem kleinen Maßstab auf der Reliefenergiekarte nicht genügend zum Ausdruck. Die einfache Gliederung der dargestellten Landschaft ist aber ebenfalls schon bekannt. Hinsichtlich des Wertes einer Karte, wie sie Krebs von Süddeutschland herstellte, kann man daher gewisse Bedenken nicht unterdrücken. Ihr Wert steht wohl in keinem befriedigenden Verhältnis zum Aufwand an Arbeit.

¹ Länderkunde und — Länderkunde. Sonderabdruck aus den Geogr. Mitt. d. Geogr. Ges. in Wien, Bd. 72, 1929.

Krebs benutzt die Feldereinteilung nur für die Vorarbeit. In der Hauptarbeit wird sie durch Kurven ersetzt. Von den Vor- und Nachteilen dieser Kurvendarstellung wird später noch die Rede sein.

Betont sei an dieser Stelle nur, daß die Karte im Vergleich zum Kartogramm trotzdem noch einen Vorteil zeigt. Sie orientiert nämlich den Leser über die wichtigsten topographischen Verhältnisse der dargestellten Landschaft. Beim Kartogramm hingegen muß stets eine topographische Karte zu Hilfe genommen werden.

c. H. Slanar

1. Dargestelltes Gebiet : Wiener Becken.
2. Topographische Karten : Österreichische Spezialkarte 1:75 000.
3. Art der graphischen Darstellung : *Kartogramm*.
4. Größe der gewählten Felder : Seitenlänge 3 Breitenminuten, resp.
2 Längenminuten = 3,7 km; Fläche
13,7 km².
5. Anzahl der Messungen pro Feld : 1 Messung.
6. Maximale Distanz
der Vergleichspunkte : 5,23 km (Diagonale des Feldes).
7. Anzahl der Höhenstufen : 7 Stufen innerhalb 0–120 m.
8. Maßstab der graphischen
Darstellung : 1:1 000 000.
9. Veröffentlichung : Grenzen und Formenschatz des
Wiener Beckens. Heiderich-Festschrift, Wien 1923.

Slanar benutzt das Kartogramm zur Bestimmung der morphologischen Grenzen des Wienerbeckens. Jungtertiäre Ablagerungen bedecken den südlichen Teil des Beckens und verwischen die Grenze zwischen Randgebirge und Ebene. Die Reliefenergie soll hier als morphometrisches Hilfsmittel entscheiden und so auf ihre Brauchbarkeit hin geprüft werden.

Nach dem Vorbild von Partsch wird ein Kartogramm mit sieben Höhenstufen entworfen. Der geringe Abstand von Stufe zu Stufe soll eine möglichst feine Gliederung der Beckenlandschaft zur Darstellung bringen. Auf die Einzeichnung der Zahlwerte in die einzelnen Felder wird zugunsten einer allgemeinen Übersicht verzichtet.

Um sich anhand des Kartogramms besser orientieren zu können, zeichnet Slanar das Flußnetz ein. Dadurch wird wohl die Orientierung erleichtert, dafür die Gefahr aber vergrößert, im Leser falsche Vorstellungen zu er-

wecken. Durch die zufällige Wahl der Vergleichspunkte in den einzelnen Feldern wird eine gewisse Willkür unvermeidbar. Wird zum Beispiel ein Quadrat über eine Ebene mit einem daran grenzenden Randgebirge gelegt, so kommt im ganzen Felde die gleiche Reliefenergie zur Darstellung (weil sie einen Durchschnittswert bedeutet). Zeichnet man nun den am Fuße des Gebirges hinziehenden Fluß ein, so erzeugt das fälschlicherweise die Vorstellung, als ob zu beiden Seiten des Flusses die gleiche Reliefenergie vorhanden sei, das heißt als ob der Fluß nicht dem Fuße des Gebirges entlang fließe, sondern mitten durch die Ebene, was einer seitlichen Verschiebung gleichkommt. Aus diesem Grunde wäre es besser, wenn Slanar auf die Einzeichnung des Flußnetzes verzichtet hätte.

Kann das Kartogramm von Slanar in morphologischer Hinsicht Genüge leisten? Diese Frage muß im großen und ganzen bejaht werden. Es enthüllt eine Reihe morphologischer Tatsachen, die für die landeskundliche Erfassung des Wienerbeckens wertvolle Beiträge liefern. Slanar hat mit diesem Beispiel bewiesen, daß das Kartogramm als wissenschaftliches Forschungsmittel verwendet werden kann.

Daß dem Kartogramm noch verschiedene Mängel anhaften, soll hier bloß angedeutet werden. Später sind diesem wichtigen Problem noch eingehende Betrachtungen zu widmen.

d. M. Sidaritsch

1. Dargestelltes Gebiet : Burgenland.
2. Topographische Karten : Österr. Generalkarte 1:200 000;
Österr. Spezialkarte 1:75 000.
3. Art der graphischen Darstellung : *Karte*.
4. Größe der gewählten Felder : Seitenlänge 10 km, Fläche 100 km².
5. Anzahl der Messungen pro Feld : 4–8 Messungen.
6. Maximale Distanz
der Vergleichspunkte : 5 km.
7. Anzahl der Höhenstufen : 11 Stufen innerhalb 0–500 m.
8. Maßstab der graphischen
Darstellung : 1:900 000.
9. Veröffentlichung : Die landschaftliche Gliederung des
Burgenlandes. Mitt. Geogr. Ges.
Wien 1924.

Genau nach der Methode von Krebs entwirft Sidaritsch eine Karte vom Burgenland. Es handelt sich hier um eine verhältnismäßig kleine,

aber ziemlich reich gegliederte Landschaft am Rande der Alpen, nämlich um die Übergangszone vom alpinen Relief zum pannonischen Tiefland. Da Krebs die Kartierung der Reliefenergie nur für größere Gebiete empfiehlt, mag es interessant sein, zu untersuchen, wie sich seine Arbeitsmethode für ein kleineres Gebiet eignet.

Was bezweckt der Autor mit dieser Karte? Sie soll die landschaftliche Gliederung innerhalb des Burgenlandes zum Ausdruck bringen. Ein einziger Blick auf die graphische Darstellung genügt denn auch, um den reichen Formenschatz dieser Landschaft zu erkennen. Ein wesentlicher Unterschied zur Karte von Süddeutschland ist hingegen nicht festzustellen. Der Grund liegt in der gleich großen Distanz der Vergleichspunkte. (5 km, vgl. S. 12 und ff.) Die Entfernung der beiden Vergleichspunkte sollte richtigerweise dem Gelände angepaßt werden, sonst wird der Natur dieselbe Gewalt angetan wie mit der willkürlich gewählten Maschenweite. Krebs sieht den Vorteil seiner Methode gerade darin, daß durch die Errichtung von großen Feldern eine freiere Wahl der Vergleichspunkte ermöglicht wird und so der „geographische Takt“ mehr zur Geltung kommen kann. Daß eine horizontale Distanz von 5 km für das Burgenland zu klein ist, beweist das Leithagebirge. Für den breiten, allmählich ansteigenden Gebirgsrücken ist diese Entfernung unbedingt zu kurz bemessen. Es kommt dadurch zu einer Unterteilung, was die Erfassung der Landschaftseinheiten in keiner Beziehung zu fördern vermag.

Ein Kartogramm der maximalen Reliefenergie hätte in diesem Fall die gleichen Dienste leisten können und wäre bestimmt weniger zeitraubend gewesen als diese Kartierung.

Daß diese Karte vom Burgenland in bezug auf die Orientierungsmöglichkeit bedeutend größere Vorteile zeigt als etwa das Kartogramm vom Wienerbecken, kann in diesem speziellen Fall ebenfalls nicht behauptet werden. Für den Ortsunkundigen ist es daher sehr schwer, auf dieser unübersichtlichen Karte sich zurechtzufinden.

e. K. Brüning

1. Dargestelltes Gebiet : Harzgebirge.
2. Topographische Karten : Meßtischblätter 1:25 000.
3. Art der graphischen Darstellung : *Kartogramm*.
4. Größe der gewählten Felder : Seitenlänge zirka 1,4 km; NS-Seite 45 Bogensekunden, EW-Seite 75 Bogensekunden; Fläche 2 km².

5. Anzahl der Messungen pro Feld : 1 Messung.
6. Maximale Distanz
der Vergleichspunkte : Zirka 2 km.
7. Anzahl der Höhenstufen : 7 Stufen innerhalb 0–300 m.
8. Maßstab der graphischen
Darstellung : 1:465 000.
9. Veröffentlichung : Reliefenergie des Harzes. Jahrbuch
der Geogr. Ges. zu Hannover 1927.

f. H. Schrepfer

1. Dargestelltes Gebiet : Westdeutschland.
2. Topographische Karte : Übersichtskarte 1:200 000.
3. Art der graphischen Darstellung : *Kartogramm*.
4. Größe der gewählten Felder : Seitenlänge 5 km, Fläche 25 km².
5. Anzahl der Messungen pro Feld : 1 Messung.
6. Maximale Distanz
der Vergleichspunkte : 7,07 km (Diagonale).
7. Anzahl der Höhenstufen : 7 Stufen innerhalb 0–500 m.
8. Maßstab der graphischen
Darstellung : 1:1 000 000.
9. Veröffentlichung : Die maximale Reliefenergie West-
deutschlands. Peterm. Geogr. Mitt.
1930, Bd. 76, S. 225.

g. P. Wendiggensen

1. Dargestelltes Gebiet : Landschaft Lippe.
2. Topographische Karten : Meßtischblätter 1:25 000.
3. Art der graphischen
Darstellung : *Kartogramm*.
4. Größe der gewählten Felder : Seitenlänge $\frac{1}{100}$ Meßtischblatt, das
heißt N- und S-Seite zirka 1,143 km,
E- und W-Seite zirka 1,11 km,
Fläche 1,269 km².
5. Anzahl der Messungen pro Feld : 1 Messung.
6. Maximale Distanz
der Vergleichspunkte : 1,596 km (Diagonale).
7. Anzahl der Höhenstufen : 6 Stufen innerhalb 0–200 m.

8. Maßstab

der graphischen Darstellung : 1:300 000.

9. Veröffentlichung : Beiträge zur Wirtschaftsgeographie
des Landes Lippe. J. B. Geogr. Ges.
Hannover 1931.

Diese drei graphischen Darstellungen der Reliefenergie sind Kartogramme, die in bezug auf ihre praktische Bedeutung mit den bereits besprochenen im allgemeinen übereinstimmen. Der methodische Aufbau ist bei allen drei Kartogrammen, grundsätzlich gesprochen, gleich. Er soll später näher untersucht werden.

h. V. Paschinger

1. Dargestelltes Gebiet : Kärnten.
2. Topographische Karten : Österr. Generalkarte 1:200 000. Detailkarten größeren Maßstabs.
3. Art der graphischen Darstellung : *Isolinienkarte*.
5. Anzahl der Höhenstufen : 6 Stufen innerhalb 0–2000 m.
4. Veröffentlichung : Die relativen Höhen von Kärnten.
Peterm. Geogr. Mitt. 1934, Bd. 80,
S. 331.

Diese kartenmäßige Darstellung der Reliefenergie weicht sowohl im methodischen Aufbau als auch in der Verwendbarkeit von den bisher besprochenen graphischen Darstellungen vollständig ab. Auf das quadratische Netz, als geometrische Grundlage, kann bei dieser Arbeitsweise ganz verzichtet werden. Paschinger möchte mit seiner Methode den Weg von der mathematischen Abstraktion zur geographischen Wirklichkeit zeigen.

Als Messungsbasis dient ihm die Linie der Fußpunkte, die meistens mit dem Flußnetz, in vereinzelt Fällen vielleicht einmal mit dem Innenrand einer Terrasse zusammenfällt. Das Tal- oder Flußnetz ist somit das natürliche und eindeutige Netz der Fußpunktlinien. Der Kartograph kann nur noch die Endpunkte der Basislinien beliebig wählen. Als solche bezeichnet Paschinger jene Stellen, wo der Talboden aufhört und das Gehänge beginnt. Da dies in vielen Fällen leicht feststellbare Punkte sind, werden die Auffassungen hierüber nicht sehr voneinander abweichen.

Alsdann werden von möglichst vielen und charakteristischen Fußpunkten aus an den Hängen Punkte von gleicher relativer Höhe markiert. Die Messung geschieht stets in der Richtung des Gefälles. Hier drängt

sich dieselbe Frage auf wie bei der Karte von Krebs. Welche Seitengräben dürfen noch als Messungsbasis herangezogen werden und welche nicht mehr? Nach Paschinger kommen nur jene Seitentäler noch als neue Fußpunktlinien in Betracht, die als selbständige Täler und nicht als durchschnittenen Hänge aufgefaßt werden können. In solcher Einteilung liegt unvermeidlich ein Stück subjektiven Ermessens.

Der Abschluß nach oben wird bei diesem Verfahren durch die Grenzen im Relief gebildet. Zu diesem Zwecke müssen die Gratlinien, Kämme oder Wasserscheiden eingezeichnet werden; und zwar nicht nur die Hauptwasserscheiden, sondern auch die untergeordneten Ranges; dann nämlich, wenn die Reliefenergie an einer Flanke den untersten Wert der Stufenkala überschreitet.

Durch die Einzeichnung der Kamm- und Flußlinien kommt in dieser graphischen Darstellung der relativen Höhen auch die Topographie der Landschaft zum Ausdruck.

Die graphische Darstellung von Paschinger bedeutet gegenüber den bisherigen Methoden (Feldermethode) entschieden einen Fortschritt. Sie kommt dem Wert und der großen Bedeutung der Höhenschichtenkarten am nächsten.

i. T. Weverinck

1. Dargestelltes Gebiet : Südschonen.
2. Topographische Karten : Detailkarten verschiedener Maßstäbe.
(Zur Bestimmung der Höhendifferenzen wurden ferner viele barometrische Höhenmessungen durchgeführt.)
3. Art der graphischen Darstellung : *Kartogramm*.
4. Größe der gewählten Felder : Seitenlänge 2 km, Fläche 4 km².
5. Anzahl der Messungen pro Feld : 1 Messung.
6. Maximale Distanz
der Vergleichspunkte : 2,82 km (Diagonale).
7. Anzahl der Höhenstufen : 6 Stufen innerhalb 0–150 m.
8. Maßstab der graphischen
Darstellung : 1 : 200 000.
9. Veröffentlichung : Beiträge zur Tektonik und Morphologie von Schonen. Greifswald 1936.

Dieses Kartogramm unterscheidet sich von den übrigen nur durch die äußere Darstellung. Weverinck zeichnet auf der fertigen Darstellung das Maschennetz nicht mehr ein, sondern kennzeichnet die verschiedenen Stufen durch parallele Striche von verschiedener Dicke und mit verschiedenen großen Zwischenräumen. Diese Art der Darstellung gibt ebenfalls eine gute allgemeine Übersicht, zeigt im übrigen aber dieselben Mängel wie jedes andere Kartogramm.

B. Die Frage nach der zweckmäßigsten Darstellungsmethode

Ein Rückblick über die im letzten Abschnitt besprochenen Kartierungen zeigt, daß es für die Frage der Reliefenergie hauptsächlich drei Darstellungsmöglichkeiten gibt:

1. Das Kartogramm (Felder Methode).
2. Die Karte (Felder- und Kurvenmethode).
3. Die Isolinienkarte (Höhenschichtenmethode).

Von den bis heute veröffentlichten graphischen Darstellungen erschienen drei als Karten, eine als Isolinienkarte – von uns so benannt – und alle übrigen als Kartogramme. Hieraus ist schon ersichtlich, daß dem Kartogramm in der Praxis der Vorzug gegeben wurde. Diese drei Darstellungsarten sind sowohl begrifflich als auch zeichnerisch auf die verschiedene Auffassung über die Möglichkeit der graphischen Darstellung zurückzuführen. Die Verschiedenheit der Arbeitsmethode und des Begriffes der Reliefenergie selbst gestattet nicht, die Karten ohne weiteres miteinander zu vergleichen, und doch ist ein solcher Vergleich nicht zu umgehen, wenn die Frage nach der besten Methode beantwortet werden soll.

Um einen Vergleich durchführen zu können, ist es notwendig, ein und dasselbe Gebiet nach den bis heute angewendeten Methoden zu kartieren. Diese graphischen Darstellungen ermöglichen es dann, eine vergleichende Betrachtung anzustellen und ein Urteil über die zweckmäßigste Methode zu gewinnen.

a. Die graphischen Darstellungen des zum Vergleich gewählten einheitlichen Gebietes

Wir haben als einheitlichen Typus der Landschaft für die Kartierung die *Napfgruppe* gewählt. Man mag vielleicht den Einwand erheben, daß

dieser Bezirk für den in Frage stehenden Zweck zu klein ist. Alle früheren Kartierungen beziehen sich tatsächlich auf ein viel größeres Gelände. Es liegt denn auch im Wesen jeder graphischen Darstellung, daß Gesetzmäßigkeiten aus der Darstellung um so eindeutiger hervortreten, je größer die gewählte Landschaft ist.

Bei der graphischen Darstellung der Reliefenergie kommt es aber in erster Linie auf den *Charakter* der Landschaft an. In dieser Beziehung hat der Napf gegenüber benachbarten Gebieten eine unverkennbare Eigenart. Es handelt sich bei ihm um eine reife, fluviatil zertalte Molasselandschaft (vgl. S. 50), deren typische Merkmale schon in einem kleinen Geländeausschnitt ersichtlich sind.

Im Nachstehenden soll nun das Napfgebiet nach den drei Methoden (Kartogramm, Karte, Isolinienkarte) bearbeitet werden.

aa. Graphische Darstellung des Napfgebietes nach dem Kartogramm

Bei der Feldermethode, wie sie für das Kartogramm (und auch für die Vorarbeit der Karte) benötigt wird, muß in erster Linie die geeignete Größe der Maschen ermittelt werden. Gibt es eine für *alle* Gebiete brauchbare Größe oder ist diese von der Geländegliederung abhängig? Wie wird die geeignete Größe der Felder bestimmt und welches wird für unser spezielles Untersuchungsgebiet die zweckmäßigste Feldergröße sein?

I.

In allen bis heute veröffentlichten graphischen Darstellungen wurde die Maschenweite – auch wenn es sich um gleich große und mehr oder weniger gleich gegliederte Gebiete handelte – ganz *verschieden* gewählt. Die Felder entsprechen Flächen von 2 bis 100 km². Dadurch kann selbst beim Kartogramm, in dem man doch durch die streng mathematische Einteilung jede subjektive Beurteilung ausschalten möchte, eine Fehlerquelle nicht vermieden werden. Es ist deshalb nicht einmal möglich, die Kartogramme ohne weiteres miteinander zu vergleichen. Der große Wert jeder graphischen Darstellung würde aber gerade darin bestehen, wenn sie als morphometrisches *Vergleichsmittel* gebraucht werden könnten. In der graphischen Darstellung der dritten Dimension wird man stets mit gewissen Unzulänglichkeiten rechnen müssen, wie übrigens auch bei den topographischen Karten. Doch sollte sich auch dort, wie hier, eine befriedigende und allgemein gültige Lösung finden lassen.

Brüning kam auf die Größe von 2 km² und Krebs auf die von 100 km². Jener ging von der Voraussetzung aus, daß die Nachteile des Kartogramms verschwinden oder als wesentlich gemildert erscheinen müssen, wenn die Quadrate genügend *klein* gewählt werden. Je kleiner die Maschen, desto deutlicher sollte die Durchtalung des Geländes hervortreten. Krebs hingegen versucht mit seiner Darstellung die Landschaftseinheiten Süddeutschlands zu erfassen und wählt deshalb verhältnismäßig *große* Felder. Beide Autoren wollen mit ihren Kartierungen, außer der Darstellung allgemeiner Merkmale, noch einen ganz bestimmten, aber voneinander verschiedenen Zweck erreichen und wählen dementsprechend die Dimensionen der Felder. Auch Sidaritsch kommt in seiner Arbeit zum Schlusse, daß die Größe der Maschen vom vorgesteckten Ziel abhängen müsse. Je nachdem es sich um die Erfassung größerer Landschaftseinheiten oder um morphologische Einzelerkenntnisse handelt, müssen die Feldergrößen verschieden gewählt werden.

Ist dies richtig? Entsteht die richtige Maschenweite, wenn sie vom jeweiligen Zweck der graphischen Darstellung abhängig gemacht wird? Bevor wir hierauf eintreten, soll untersucht werden, wie eine unrichtig gewählte Maschenweite sich praktisch überhaupt auswirkt.

Bei zu *klein* gewählten Feldern tritt häufig der Fall ein, daß die beiden Vergleichspunkte auf ein und denselben Talhang zu liegen kommen. In diesem Fall stellt der berechnete Wert nicht mehr die Reliefenergie, sondern nur noch ein Böschungsmittel des Hanges dar. Große zusammengehörende Hänge werden dadurch unterteilt und die natürliche morphologische Einheit wird willkürlich zerrissen. Dieser Gefahr ist Brüning (vgl. S. 20) bei seiner Darstellung des Harzgebirges begegnet. Obwohl es sich dort (am Harzgebirge) um nicht sehr große Erhebungen handelt, waren die Felder dennoch zu klein gewählt. Für die Kartierung des niedersächsischen Reliefs schlägt er, um den Nachteil der zu klein gewählten Felder zu vermeiden, Maschen vor, die einer Fläche von $4\frac{1}{2}$ km² entsprechen, also mehr als die doppelte Größe. Damit ist jedoch keineswegs gesagt, daß diese von ihm selbst verwendeten Einheitsflächen die richtige Größe hätten. Angewendet auf eine fein durchtalte Landschaft wird das Maschennetz wiederum zu weit sein.

Zu *groß* gewählte Felder haben hingegen den Nachteil, daß über kleinere Zwischenerhebungen hinweggemessen wird. Zum Charakter einer Landschaft gehören aber gerade auch diese Detailformen. Karten dieser Art sind daher niemals als für die betreffende Landschaft charakteristisch zu betrachten und dienen deshalb der morphologischen Erkenntnis nicht im gewünschten Maß.

Spricht man von der geringen Reliefenergie eines Gebietes, so hat das den Sinn, die relativen Höhenunterschiede zwischen den einzelnen Formen seien sehr gering. Unrichtig aber ist es, wenn die geringe Reliefenergie bloß eine Folge der zu klein gewählten Felder ist. Ebenso unrichtig ist es, wenn durch zu groß gewählte Maschenweite die graphische Darstellung nicht mehr als Ausdruck der Dichte der relativen Höhen betrachtet werden kann.

Somit erkennen wir, daß sowohl zu klein als auch zu groß gewählte Felder ein unzutreffendes Bild von der Reliefenergie einer Landschaft ergeben. Es muß daher das Bemühen darauf gerichtet sein, daß die Felder stets in der *richtigen* Größe gewählt werden.

Unter welchen Voraussetzungen kann die richtige Feldergröße erreicht werden, ist es richtig, wenn die Maschengröße vom jeweiligen Zweck der graphischen Darstellung abhängig gemacht wird?

Auf einer topographischen Karte kleinen Maßstabes ist nur die Geländegliederung im *großen* erkennbar, mit andern Worten, wird die Reliefenergie nach dieser Karte berechnet, so werden die Landschaftseinheiten als solche erfaßt. Karten großen Maßstabes hingegen bringen die Gliederung im *kleinen* zum Ausdruck. Diese dienen mehr der morphologischen Erkenntnis. Will somit der Kartograph mit der graphischen Darstellung der Reliefenergie diesen oder jenen Zweck erreichen, so muß er eine topographische Karte von geeignetem Maßstabe auswählen. Ist dies geschehen, so kann die Bestimmung der Feldergröße erfolgen. Würde diese nun aber bloß nach dem jeweiligen Zweck der graphischen Darstellung festgesetzt, so bestände die Gefahr, wie bereits dargetan wurde, daß sie zu groß oder zu klein gewählt würde. Um dies zu vermeiden, ist die Feldergröße direkt im Verhältnis zum Grad der landschaftlichen Gliederung zu bestimmen. So besteht allein die Gewähr, daß die Felder die richtige Größe haben und daß demnach mit der graphischen Darstellung ein dem Zweck gemäßes Bild erreicht wird.

Zusammenfassend ergibt sich: Die Feldergröße darf grundsätzlich nicht bloß vom jeweiligen Zweck der graphischen Darstellung abhängig gemacht werden, sondern ist auch entsprechend dem Maßstab der topographischen Karte und somit dem jeweiligen Grad der Gliederung der Landschaft zu bestimmen.

Es ist daher in erster Linie dafür zu sorgen, daß die Feldergröße möglichst der Geländegliederung angepaßt wird. Da aber die Durchtalung des Geländes in jeder landschaftlichen Einheit anders ist, muß folgerichtigerweise auch die Größe der Felder von Landschaftseinheit zu Landschaftseinheit

anders gewählt werden. Hieraus folgt, daß es keine für alle Gebiete brauchbare Maschengröße gibt, sie ist immer von der eben vorliegenden Geländegliederung abhängig.

II.

Da die Größe des Maschennetzes von der Reliefgliederung abhängig gemacht werden muß, sollte sich eine Methode zur Bestimmung der Größe finden lassen, die jede subjektive Beurteilung des Autors ausschließt. Um diese Forderung zu erfüllen, schlägt H. GUTERSOHN¹ folgende Methode vor:

Er wählt einen beliebigen, aber etwas zentral gelegenen Punkt im Gelände. Um diesen Punkt als Zentrum legt er 3–4 verschieden große Quadrate so, daß entsprechende Seiten parallel verlaufen. In jedem Quadrat wird alsdann die Höhendifferenz zwischen den beiden extremsten Punkten bestimmt, mit andern Worten, die maximale Reliefenergie berechnet. Bezeichnet man den so erhaltenen Wert mit y und die Seitenlänge des entsprechenden Quadrates mit x , so läßt sich aus diesen beiden Größen die Gleichung $y = f(x)$ aufstellen; x ist dabei die unabhängige, y die abhängige Variable.

Geometrisch kann diese Funktion mit dem Koordinatensystem veranschaulicht werden, indem x auf der Abszissen- und y auf der Ordinatenachse eingezeichnet wird. Wählt man zum Beispiel Quadratseiten mit gleichmäßig zunehmenden Längen von 1, 2, 3, 4 km usw., so müßte bei ebenfalls zunehmender Reliefenergie eine gleichmäßig ansteigende Kurve entstehen. Die Reliefenergie wäre in diesem Falle proportional zur Länge der Quadratseite. Dies würde immer dann zutreffen, wenn die in jedem Quadrat befindlichen Vergleichspunkte demselben Hang angehören.

Fällt aber im nächst größeren Quadrat eine der beiden Koten auf ein benachbartes Formelement (Gipfel oder Tal), so nimmt die Reliefenergie in anderer Weise zu. Diese Änderung des Reliefenergiewertes hat auch in der graphischen Darstellung eine Änderung der Richtung (Knick in der Kurve) zur Folge. Die Kurve verläuft von dort an etwas flacher oder steiler, je nach der Zunahme der Reliefenergie. Jeder Knick entspricht somit dem Übergang von einem Formelement zum andern. Dort, wo die Kurve die größte Richtungsänderung zeigt, tritt auch in der Gliederung des Geländes die größte Änderung ein. Der größte Knick wird daher stets bei der Quadratseite liegen, die für die Bestimmung der Reliefenergie am besten

¹ Relief und Flußdichte. S. 15 u. ff. Diss. Zürich 1932.

geeignet ist. Somit kann diese Methode zur Bestimmung der zweckmäßigsten Feldergröße benutzt werden.

Gutersohn hat dieses Verfahren an verschiedenen Beispielen erprobt. Als Untersuchungsgebiet wählte er 10 Areale verschiedener Erdräume, von verschiedener Meereshöhe und von verschiedenem Bau. Der erwähnte

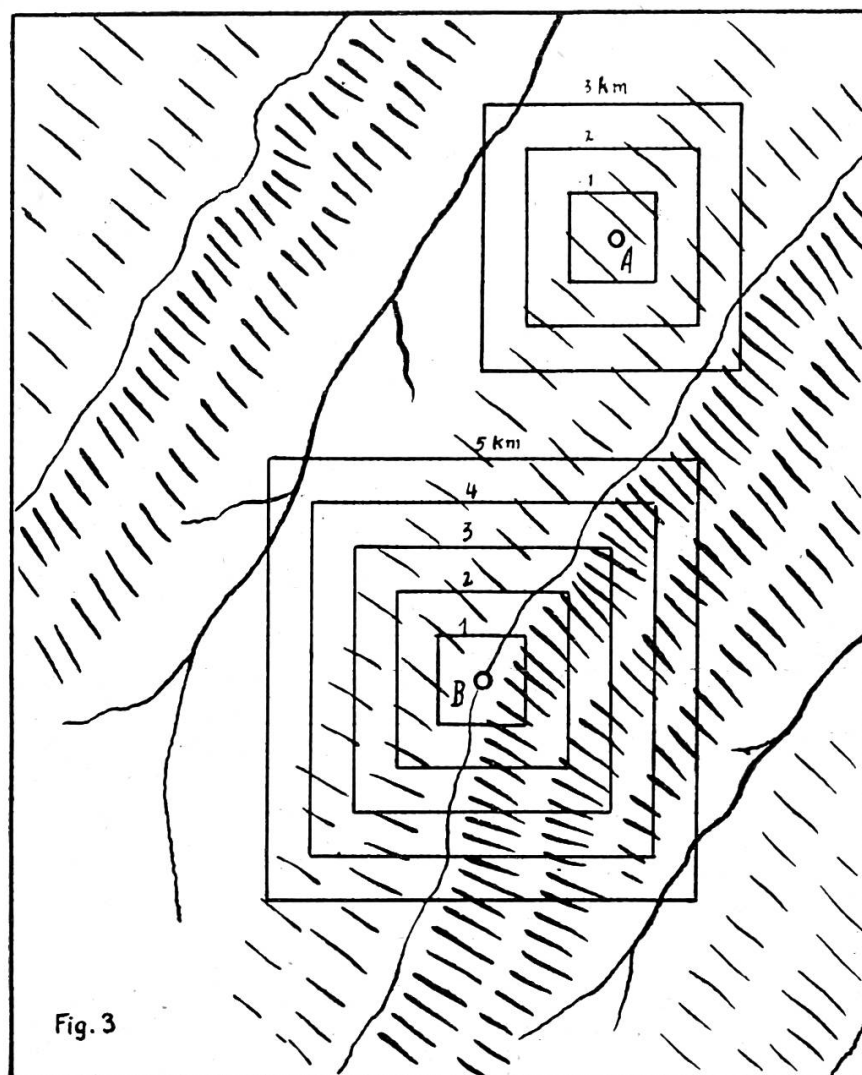


Fig. 3

Knick trat bei allen Kurven ein. Es zeigte sich, daß für gröbere Formen Quadrate von 4 km^2 , für feinere Formen hingegen Quadrate von 1 km^2 am geeignetsten sind. Gemessen wurde nach der Krebschen Methode, das heißt vom Tal zum benachbarten Kamm.

Diese Methode Gutersohns zur Festsetzung der Feldergröße ist zweifellos die zweckmäßigste, wenn es sich um kleine Areale, wie in seinem Beispiel, handelt. Er berechnete die Reliefenergie für je vier in ein und demselben Areal aneinanderliegende Felder. Bei Feldern von 1 km Seite beträgt das

ganze dargestellte Gebiet 4 km². Das ist natürlich ein sehr kleines Gebiet im Vergleich zu der von Krebs dargestellten Landschaft, der die Reliefenergie von ganz Süddeutschland berechnet und graphisch dargestellt hat. Es fragt sich daher, ob die Methode Gutersohns auch für große Gebiete zweckmäßig ist.

Um dies festzustellen, haben wir seine Methode bei der Kartierung der Napflandschaft verwendet. Die Fläche des ganzen darzustellenden Gebietes beträgt 192 km². Wenn es sich auch hier noch um einen relativ kleinen Erdraum handelt, so ist er doch beinahe 50mal so groß als die von Gutersohn ausgewählten Bezirke. Ein Urteil über die Brauchbarkeit seiner Methode sollte sich daher anhand dieses Beispiels gewinnen lassen.

An seiner Methode nehmen wir nun aber eine Änderung vor. Gutersohn wählt als Mittelpunkt der Quadrate irgendeinen etwas zentral gelegenen Punkt im Gelände. Im Gegensatz dazu nehmen wir den Mittelpunkt, das heißt den Ausgangspunkt, immer auf einem Kamm, auf einer Bergspitze oder in einem Tale an. In diesem Falle entspricht er immer einem Punkt der relativen Höhe. Warum diese besondere Lage? Figur 3 zeigt, daß es nicht gleichgültig ist, wo der Ausgangspunkt gewählt wird. Nimmt man den Mittelpunkt ungefähr in der Mitte des Abhanges an (Punkt A in Figur 3), so fällt das Extremum schon bei einem Quadrat, dessen Seiten einer Länge von 3 km entsprechen, ins Feld. Diese Lage ist am günstigsten. Verschieben wir nun dies gewählte 3-km-Quadrat gegen die Talbasis oder gegen den Kamm, dann wird die Distanz der beiden im gleichen Felde liegenden Vergleichspunkte kleiner, die Niveaudifferenz entsprechend geringer. Der Höhenunterschied entspricht jetzt nicht mehr der eigentlichen Reliefenergie, sondern er stellt die mittlere Böschung dar. Der Abhang wird unterteilt.

Wir dürfen deshalb für die Bestimmung der Maschengröße nicht die geeignetste Lage auswählen, sondern die *ungeeignetste*. Die Wahrscheinlichkeit, daß die eine oder andere Lage eintritt, ist nämlich in einem stark durchtalten Gelände dieselbe. Somit nehmen wir den Mittelpunkt auf einem Kamm an. Für diesen Fall genügt das 3-km-Quadrat aber nicht. Figur 3 zeigt, daß für den Punkt B eine Seitenlänge von 5 km notwendig ist, um die maximale Niveaudifferenz ermitteln zu können. Jetzt erst fallen Kammlinie und Talsohle immer ins Quadrat, gleichgültig, wie es zu liegen kommt. (In einer Lage würde auch die 5-km-Seite nicht genügen, nämlich dann, wenn zwei Seiten des Quadrates parallel zur Talsohle zu liegen kommen. Diese Lage ist nicht ausgeschlossen, aber doch selten. Es

ist deshalb ratsam, in Zweifelsfällen die Länge um eine Einheit größer statt kleiner zu wählen.)

Zur Festsetzung der Feldergröße haben wir im Bereich des Napfs an sechs verschiedenen Orten die Einheitsflächen berechnet. Die absoluten Höhen, um die die Quadrate gelegt werden, schwanken zwischen 736 m und 1410 m. Der tiefste Punkt im Areal überhaupt liegt 518 m, der höchste 1410 m über Meer. Der Ausgangspunkt wurde immer auf einem Kamm, einem Grat oder einer Bergspitze angenommen. Um ihn wurden gleichliegende Quadrate, entsprechend einer Seitenlänge von 1, 2, 3 und 4 km, gelegt. In jedem Quadrat berechneten wir die typische und die maximale Reliefenergie. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 1–6 zusammengestellt. Es zeigt sich (vgl. auch Gutersonn, S. 21), daß der Wert der Reliefenergie von der mittleren absoluten Höhe der Landschaft abhängt; mit andern Worten, je höher ein Gebiet über Meer liegt, desto größer wird die Reliefenergie.

Beurteilen wir die geometrischen Kurven! Bei der *typischen* Reliefenergie wird nur vom Kamm zum benachbarten Tale gemessen. Werden daher um den auf dem Kamm angenommenen Ausgangspunkt verschiedene Quadrate gelegt, so nimmt die Reliefenergie mit größer werdender Quadratseite so lange zu, bis sie in dem Quadrat, das den tiefsten Punkt, das heißt die Talsohle enthält, das Maximum erreicht. Jedes weitere Quadrat ist dann überflüssig, weil die Reliefenergie sich nicht mehr ändert. Die Kurve steigt daher anfänglich ziemlich gleichmäßig, biegt dann um und setzt ihren Lauf horizontal fort. Dieses Kurvenbild müßte sich immer ergeben, wenn in jedem Quadrat nur eine Messung vorgenommen würde.

Werden aber mit zunehmender Länge der Quadratseite entsprechend mehr Messungen vorgenommen – was auch richtig ist, wenn der daraus entsprechende Mittelwert die Dichte der relativen Höhen darstellen soll –, so nimmt die Reliefenergie, je nach der Anzahl und der Auswahl der vorgenommenen Messungen, zu oder ab. Die Kurve steigt oder fällt. Sie verläuft daher vom Knick an unregelmäßig (siehe Figur 4).

Ganz anders verlaufen hingegen die Kurven der *maximalen* Reliefenergie. Hier läßt sich ein fortgesetztes, aber ungleichmäßiges Steigen feststellen; y wächst mit zunehmendem x , das heißt je größer die Einheitsfläche gewählt wird, desto größer wird auch die Reliefenergie. In einem Gelände mit radiärer Abdachung, wie es – wenn man von der fluviatilen Zertalung im kleinen absieht – bei der Napfgruppe der Fall ist, tritt dies ganz besonders deutlich hervor. Werden nämlich die Felder größer gewählt als es für die durch die Flußerosion entstandenen Geländeformen

Tabellen zur Bestimmung der Größe der Einheitsflächen

Tabelle 1

A. Schwendlenhöhe, Punkt 736, Koordinaten 640/219, Blatt 184.

| Quadratseite | | Typische Reliefenergie | | Maximale Reliefenergie |
|--------------|-------------|------------------------|-----|------------------------|
| 1 km | 736 | 116 m | 736 | 136 m |
| | 620 | | 600 | |
| | 116 | | 136 | |
| 2 km | 736 | 164 m | 736 | 166 m |
| | 572 | | 570 | |
| | 164 | | 166 | |
| 3 km | 736 736 | 170 m | 736 | 196 m |
| | 572 560 | | 540 | |
| | 164 176 | | 196 | |
| 4 km | 736 750 741 | 183 m | 750 | 216 m |
| | 540 606 530 | | 534 | |
| | 196 144 211 | | 216 | |

Tabelle 2

B. Bodenbergl, Punkt 759, Koordinaten 637/222, Blätter 181/184.

| Quadratseite | | Typische Reliefenergie | | Maximale Reliefenergie |
|--------------|-------------|------------------------|-----|------------------------|
| 1 km | 759 | 89 m | 759 | 99 m |
| | 670 | | 660 | |
| | 89 | | 99 | |
| 2 km | 759 | 159 m | 759 | 159 m |
| | 600 | | 600 | |
| | 159 | | 159 | |
| 3 km | 759 747 | 163 m | 759 | 191 m |
| | 600 580 | | 568 | |
| | 159 167 | | 191 | |
| 4 km | 759 747 759 | 187 m | 759 | 229 m |
| | 530 572 600 | | 530 | |
| | 229 175 159 | | 229 | |

Tabelle 3

C. Rinderweid, Punkt 1038, Koordinaten 631/211, Blätter 195/197.

| Quadratseite | | Typische Reliefenergie | | Maximale Reliefenergie |
|--------------|---------------------|---------------------------|------|---------------------------|
| 1 km | 1038 | 158 m | 1038 | 168 m |
| | 880 | | 870 | |
| | 158 | | 168 | |
| 2 km | 1118 1038 1021 | 226 m | 1118 | 288 m |
| | 840 840 820 | | 830 | |
| | 278 198 201 | | 288 | |
| 3 km | 1143 1118 1021 1039 | 243 m | 1143 | 333 m |
| | 850 840 801 836 | | 810 | |
| | 293 278 220 203 | | 333 | |
| 4 km | 1165 1091 1143 1000 | 258 m | 1165 | 435 m |
| | 885 848 850 784 | | 730 | |
| | 280 243 293 216 | | 435 | |

Tabelle 4

D. Fuchsegg, Punkt 1149, Koordinaten 635/203, Blatt 369.

| Quadratseite | | Typische Reliefenergie | | Maximale Reliefenergie |
|--------------|---------------------|---------------------------|------|---------------------------|
| 1 km | 1149 | 209 m | 1149 | 219 m |
| | 940 | | 930 | |
| | 209 | | 219 | |
| 2 km | 1149 1149 1239 | 239 m | 1239 | 339 m |
| | 930 930 960 | | 900 | |
| | 219 219 279 | | 339 | |
| 3 km | 1301 1260 1149 1083 | 245 m | 1301 | 411 m |
| | 1000 990 920 900 | | 890 | |
| | 301 270 229 183 | | 411 | |
| 4 km | 1319 1138 1149 1291 | 267 m | 1319 | 449 m |
| | 1000 950 920 960 | | 870 | |
| | 319 188 229 331 | | 449 | |

Tabelle 5

E. Scheidegg, Punkt 1238,3, Koordinaten 634/208, Blatt 197.

| Quadratseite | | | | | Typische Reliefenergie | | Maximale Reliefenergie |
|--------------|--------|------|------|------|---------------------------|--------|---------------------------|
| 1 km | 1238,3 | | | | 258 m | 1238,3 | 268 m |
| | 980 | | | | | 970 | |
| | 258,3 | | | | | 268,3 | |
| 2 km | 1238,3 | | | | 298 m | 1238,3 | 308 m |
| | 940 | | | | | 930 | |
| | 298,3 | | | | | 308,3 | |
| 3 km | 1236 | 1238 | 1261 | | 287 m | 1261 | 411 m |
| | 950 | 940 | 983 | | | 850 | |
| | 286 | 298 | 278 | | | 411 | |
| 4 km | 1273 | 1256 | 1165 | 1238 | 285 m | 1261 | 441 m |
| | 970 | 1000 | 880 | 940 | | 820 | |
| | 303 | 256 | 285 | 298 | | 441 | |

Tabelle 6

F. Napf, Punkt 1410,8, Koordinaten 638/205, Blätter 197/369/200/372.

| Quadratseite | | | | | Typische Reliefenergie | | Maximale Reliefenergie |
|--------------|--------|------|------|------|---------------------------|--------|---------------------------|
| 1 km | 1409,8 | | | | 280 m | 1410,8 | 311 m |
| | 1130 | | | | | 1100 | |
| | 279,8 | | | | | 310,8 | |
| 2 km | 1409,8 | | | | 361 m | 1410,8 | 411 m |
| | 1049 | | | | | 1000 | |
| | 360,8 | | | | | 410,8 | |
| 3 km | 1410 | 1410 | 1311 | | 360 m | 1410,8 | 451 m |
| | 1050 | 1000 | 1000 | | | 960 | |
| | 360 | 410 | 311 | | | 450,8 | |
| 4 km | 1263 | 1291 | 1410 | 1410 | 354 m | 1410,8 | 551 m |
| | 1020 | 965 | 944 | 1028 | | 860 | |
| | 243 | 326 | 466 | 382 | | 550,8 | |

unbedingt nötig wäre, so entsteht ein nicht zu unterschätzender Fehler. Das *Gefälle in der Talrichtung* – in unserm Falle in der Abdachungsebene – wird miteinberechnet. Denn richtigerweise sollte die Reliefenergie immer nur quer zum Tale, niemals aber in der Talrichtung gemessen werden, wie dies stets der Fall ist, wenn in einem Felde einfach der Höhenunterschied zwischen den extremsten Punkten berechnet wird.

Dieser Fehler entsteht bei der Berechnung der typischen Reliefenergie nicht. Es fragt sich daher, welcher Fehler – die subjektive Beeinflussung des Kartographen bei der Berechnung der typischen oder die Einberechnung des Gefälles in der Talrichtung bei der Berechnung der maximalen Reliefenergie – in der graphischen Darstellung sich ungünstiger auswirkt. Die Beantwortung dieser Frage untersuchen wir später.

Abgesehen von diesen Fehlern, die bei der Feldermethode nicht zu vermeiden sind, zeigt die Diskussion der geometrischen Kurven doch klar, daß die *Methode Gutersohns zur Festsetzung der Feldergröße nicht nur bei kleinen Arealen, sondern für die graphische Darstellung der Reliefenergie irgendeines Areals überhaupt die geeignetste Methode ist.*

III.

Welches ist nun die zweckmäßigste Maschengröße für die Napf-landschaft?

Darüber geben die geometrischen Darstellungen in Figur 4 und 5 Auskunft. Für die Berechnung der typischen Reliefenergie fällt die Entscheidung nicht schwer. Alle Kurven, als graphische Darstellungen der Funktion $y = f(x)$ aufgefaßt, steigen ziemlich rasch und stetig an. Bei der Abszisse 2 tritt überall eine Wendung ein. Die Kurven A, B, C und D laufen von diesem Knick an unter einem viel kleineren Richtungswinkel weiter. Die graphische Darstellung von E und F zeigt ein ausgesprochenes Steigen und Fallen. Ihr Maximum liegt bei der Abszisse 2. *Felder von 2 km Seitenlänge oder 4 km² Fläche sind für die graphische Darstellung der typischen Reliefenergie des Napfgebietes besonders geeignet.*

Die geometrischen Darstellungen der maximalen Reliefenergie ergeben kein so eindeutiges Bild. In der Kurve A entsteht der Knick bei der Abszisse 1, in B, C und F bei der Abszisse 2. Kurve E zeigt drei Wendepunkte, und zwar bei den Abszissen 1, 2 und 3, wobei der erste allerdings am deutlichsten ist. In D tritt er hingegen erst bei der Abszisse 3 auf. Fünf von sechs Kurven sprechen somit dafür, daß die 2-km-Seite am besten geeignet ist. Für die Kurven A und eventuell E und B würde auch eine

Fig. 4. Typische Reliefenergie in quadratischen Flächen verschiedener Größe

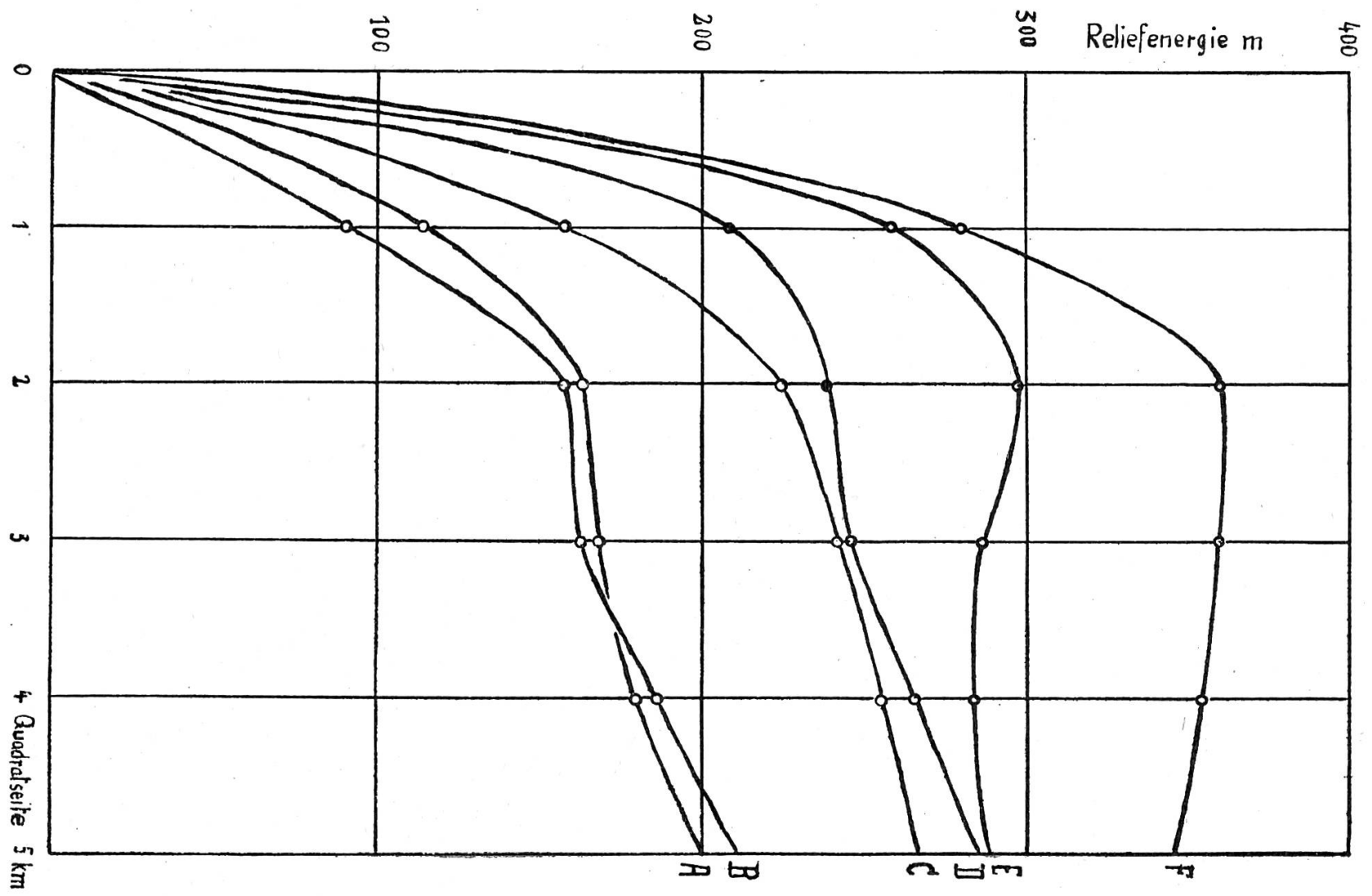
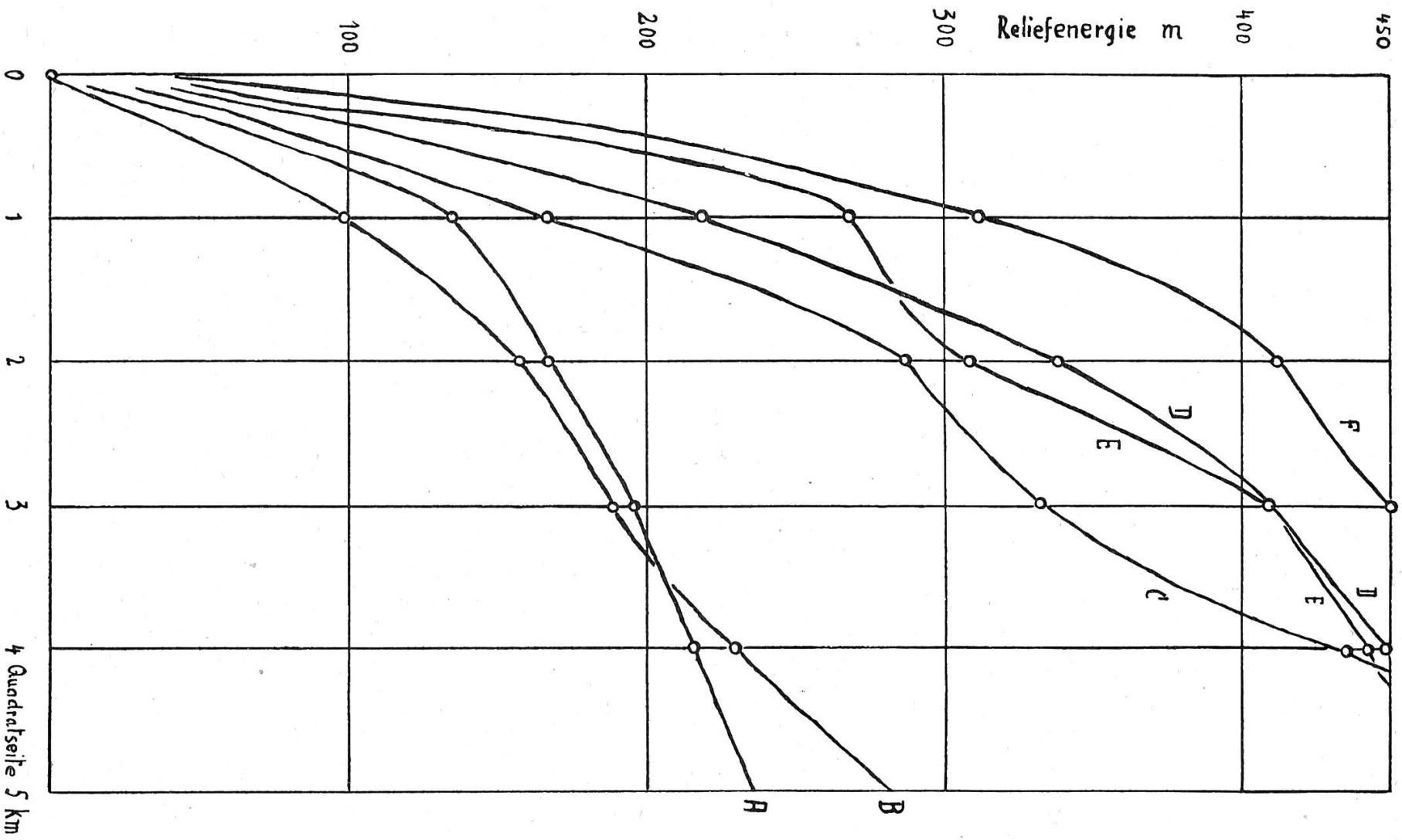


Fig. 5. Maximale Reliefenergie in quadratischen Flächen verschiedener Größe



Seitenlänge von 1 km genügen; doch wird die um eine Einheit größer gewählte Masche die graphische Darstellung der Reliefenergie nicht wesentlich beeinflussen.

Für die Bestimmung der Maschengröße bei der graphischen Darstellung der maximalen Reliefenergie wird die geometrische Darstellung der Funktion $y = f(x)$ nicht so befriedigen wie im Falle der typischen Reliefenergie. Der Grund liegt in der Einberechnung des Talgefälles. Je größer die Felder gewählt werden müssen, desto unregelmäßiger wird der Verlauf der Kurven. *Trotzdem kann für die Bestimmung der Maschenweite bei der graphischen Darstellung der maximalen Reliefenergie die geometrische Darstellung der Funktion $y = f(x)$ allgemein empfohlen werden.*

IV.

Auf Grund der vorhin angestellten Betrachtungen lassen sich nun folgende allgemeine Grundsätze über die Bestimmung der Feldergröße aufstellen:

1. *Es gibt keine für alle Gebiete gleicherweise geeignete Feldergröße. Sie ist ganz und gar von der Oberflächengestalt abhängig.*

2. *Die zweckmäßigste Maschenweite erhält man, wenn als Ausgangspunkt der Bestimmungsquadrate ein Kamm oder eine Talsohle gewählt und die Reliefenergie als eine Funktion der entsprechenden Quadratseite aufgefaßt wird.*

3. Je größer das Areal ist, desto mehr Messungen müssen durchgeführt werden. Ihr Häufungswert bestimmt die Weite der Maschen. In Zweifelsfällen ist die nächst größere der nächst kleineren Maschenweite vorzuziehen.

4. Bei morphologisch sehr verschieden gegliederten Landschaften können selbst bei dieser Methode gewisse Nachteile nicht vermieden werden. Das durch *Festsetzung der Maschenweite bedingte Bild wird daher um so natürlicher, je kleiner das darzustellende Gebiet ist, mit andern Worten, je gleichmäßiger die Gliederung innerhalb des darzustellenden Raumes ist.*

Durch die Anpassung der Feldergröße an das Gelände wird ein wesentliches subjektives Moment ausgeschaltet. Wenn diese Methode auch nicht restlos befriedigt, so ist das eben der Unzulänglichkeit der Feldermethode überhaupt zuzuschreiben. Doch dürfte damit das zweckmäßigste Vorgehen gezeigt worden sein.

Auf alle Fälle ist diese Methode ein Mittel, um Gelände und Feldergröße in Übereinstimmung zu bringen. Wenn Brüning nach langer und mühsamer Arbeit zur Erkenntnis kam, daß die Feldergröße zu klein sei

und daher für Niederschlesien einfach die doppelte Größe vorschlug, so scheint uns das nicht das richtige Vorgehen zu sein (vgl. S.26). Das wissenschaftliche Verfahren verlangt, daß nicht willkürlich die doppelte Größe angenommen werde, sondern daß man zuerst nach dem Grund des unbefriedigenden Resultates forsche. Steht dieser einmal fest, so soll in systematischer, das heißt planmäßiger Weise nach einer bessern Lösung gesucht werden.

Trotz dieser geometrischen Abstraktion haftet dieser Art der Festsetzung des Maschennetzes noch ein Willkürmoment an. Wo soll nämlich die Basislinie, von der aus man die Maschen konstruiert, gezogen werden? Um auch hier jede persönliche Bewertung auszuschalten, haben wir das offizielle Koordinatennetz der schweizerischen Militärkarten, dessen Nullpunkt 200 km südlich und 600 km westlich der Sternwarte von Bern liegt, als Grundlage benützt. Für Maschen, die Flächen von 1 km² entsprechen, ist damit jede Willkür ausgeschlossen. Bei 4 km²-Flächen hat man hingegen noch die Wahl zwischen den geraden und ungeraden Koordinaten. Diese Willkür ist jedoch so unbedeutend, daß sie praktisch wenig ins Gewicht fällt. Je nach der Geländegliederung wird der Autor hier seine Entscheidung treffen. In unserem Falle wurde der Gipfelpunkt der Napfgruppe als Ausgangspunkt der Maschen gewählt, weshalb die ungeraden Koordinaten als Quadratseiten gewählt werden mußten.

V.

Aus dem vorhin Gesagten geht hervor, daß die Festsetzung der Maschenweite für jede graphische Darstellung, die auf der Feldermethode beruht, der wichtigste Faktor ist. Es sollen nun die Vor- und Nachteile des vom Napfstock entworfenen und nach der beschriebenen Felderbestimmungsmethode errichteten Kartogramms festgestellt und miteinander verglichen werden.

Wenn bis heute nur von wenigen Gebieten die Reliefenergie berechnet und graphisch dargestellt wurde, so liegen die Gründe

1. in der Unzulänglichkeit der bisherigen Methoden als solchen,
2. in dem großen Zeitaufwand, den die Darstellung benötigt hätte.

Diese Nachteile beziehen sich allerdings weniger auf das Kartogramm als vielmehr auf die Karte. Diesem Umstande ist es denn auch zuzuschreiben, daß in der Praxis das Kartogramm der Karte vorgezogen wurde.

Wir prüfen nun das vom Napfgebiet erstellte Kartogramm vom methodischen und geographischen Standpunkte aus auf seine Eigenschaften.

Der methodische Standpunkt: Die Bestimmung der Feldergröße erfordert – sei sie nach Willkür oder nach der im letzten Abschnitt dargestellten Methode erfolgt – keinen sehr großen Zeitaufwand. Mit der Einzeichnung des Maschennetzes ist eine mathematische Grundlage geschaffen, und es müssen nur noch die Messungen vorgenommen werden. Praktisch sind in einem Felde meistens nur die beiden extremsten Punkte, das heißt die maximale Reliefenergie, zu bestimmen. Diese Arbeit kann von jedem Laien, der eine Kurvenkarte zu lesen versteht, ausgeführt werden. Das ist bestimmt die einfachste und rascheste Methode zur Kartierung der maximalen Reliefenergie. Jedes Willkürmoment wird hier ausgeschlossen. Irgend ein Zweifel darüber, welche Seitengraben zum Beispiel noch als Messungsbasen in Frage kommen und welche nicht mehr, kann bei dieser Methode nicht aufkommen.

Der geographische Standpunkt: So sehr der in Frage stehende Schematismus vom methodischen Standpunkt aus zu begrüßen ist, so entschieden ist er vom geographischen abzulehnen. Den reichen und sinnvollen Formenschatz der Natur mit einem quadratischen Gitter zu überspannen, heißt der Natur Gewalt antun.

Durch die willkürliche Wahl der Maschenweite wird die Landschaft oft so zerstückelt und zerrissen, daß jeder geographische Zusammenhang verloren geht. Es wird sehr oft ganz dem Zufall überlassen, ob eine zusammengehörende Geländepartie in ein und dasselbe Quadrat zu liegen kommt, wie es vom morphologischen Gesichtspunkt aus geschehen müßte. Dadurch werden in einem Felde als Vergleichspunkte oft Punkte gewählt, die in der Natur niemals miteinander verglichen werden dürften.

Eine Erhebung am Rande oder in einer Ecke eines Feldes erhöht wohl den Reliefenergiewert in diesem Felde, nicht aber jenen in den Nachbarfeldern, wo dies richtigerweise auch der Fall sein müßte. Aus dem gleichen Grunde erscheint der Übergang vom Gebirge zur Ebene stets breiter als er in Wirklichkeit ist. Eine Talebene wird daher zu schmal, eine Talflanke zu flach eingeschätzt.

Die durch das Maschennetz zufällig hervorgerufene Geländegliederung bedingt ferner, daß beim Kartogramm von jeder Beschriftung, von jeder Einzeichnung des Flußnetzes, der wichtigen Siedlungen, der Kämmen, der Pässe usw. abgesehen werden muß, weil sonst ein falsches Bild über die Landschaft entstehen könnte (vgl. S. 18). Zur Orientierung benötigt man daher noch eine topographische Karte, wie dies Brüning für sein Kartogramm vom Harzgebirge empfiehlt. Mit Recht sagt daher H. DOERRIES¹

¹ Peterm. Geogr. Mitt. 1928. S. 360.

in seiner Besprechung des Brüningschen Kartogramms, „daß dem Geographen in diesem Falle mit einer guten topographischen Karte großen Maßstabes und genauer Höhenlinien allein besser gedient wäre“. Abgesehen von einer umständlichen Art in der Anwendung dieses Verfahrens, ist es vielfach geradezu undurchführbar, weil durch die zufällige Lage der Vergleichspunkte im Maschennetz Hohl- und Vollformen oft horizontal verschoben werden.

Diese Art der Darstellung der Reliefenergie muß notwendigerweise zu Fehlergebnissen führen, so daß vom geographischen Standpunkt aus die Frage berechtigt ist, ob eine solche Darstellung überhaupt noch dem Wesen und der Eigenart der Reliefenergie entspricht. Können diese Nachteile auf ein Mindestmaß herabgesetzt werden? Wenn nicht, dann dient diese Darstellungsart der morphologischen Erkenntnis so wenig, daß auf sie verzichtet werden kann.

Bei allen Kartogrammen sind die entstandenen Fehler zur Hauptsache auf die falsche Wahl der Maschenweite zurückzuführen. Am besten läßt sich das beweisen, wenn man die nach verschiedenen Methoden erstellten Darstellungen verschiedener Erdräume auf denselben Maßstab bringt. So stellte Paschinger beim Vergleich der Kartogramme von Westdeutschland (Schrepfer) mit jenen des Harzes (Brüning) und des Landes Lippe (Wendiggenen) Unterschiede von 80–300 m fest (vgl. *Peterm. Mitt.* 1934, Bd. 80, S. 331). Wenn man bedenkt, daß es sich dabei um Kartogramme mit 6–7facher Abstufung innerhalb 0–550 m, 0–300 m und 0–200 m handelt, so erübrigen sich weitere Erwägungen darüber.

Wie diese Fehlerquelle auf ein Mindestmaß verkleinert werden kann, wurde bei der Bestimmung der Feldergröße (vgl. S. 18 und ff.) ausgeführt. Eine restlose Vermeidung aller Fehler wird auch bei der Befolgung der von uns dargestellten Methode nicht möglich sein; doch dürfte sie das zweckmäßigste Verfahren enthalten, um den Hauptfehler zu vermeiden. Ein so entstandenes Kartogramm kann daher als morphometrisches Hilfsmittel der Forschung in der Geographie dienen.

Zur Frage, ob nach dem Kartogramm die typische oder die maximale Reliefenergie darzustellen sei, ist folgendes zu bemerken. Die typische Reliefenergie kommt der geographischen Wirklichkeit zweifellos näher als die maximale. Beim Kartogramm der Napflandschaft haben wir uns aber trotzdem für die Darstellung der maximalen Reliefenergie entschlossen, und zwar aus folgenden Gründen:

Es widerspricht unserer Auffassung, zuerst über die Landschaft ein geometrisches Gitter zu spannen, um jedes subjektiv gefärbte Urteil auszu-

schalten und hernach von diesem eben eingeführten Schema abzuweichen, um nach Willkür die Punkte zu bestimmen. Entweder betrachten wir die Kartierung von Anfang an bis zum Schlusse als eine objektive, mathematisch durchgeführte graphische Darstellung, oder wir verzichten ganz auf die mathematische Grundlage.

Zugegeben, das Talgefälle gehört nicht zur Reliefenergie. Es fragt sich daher, ob dieser Fehler beseitigt werden kann. Auch hier kommt es in erster Linie darauf an, wie die Anpassung der Maschenweite ans Gelände ist. Bei einem schlecht angepaßten Maschennetz beeinflußt das Talgefälle die Berechnung und die graphische Darstellung der Reliefenergie in einer weit ungünstigeren Weise als bei einem gut angepaßten, wie es mit der Felderbestimmungsmethode erreicht wird. Denn in Gebieten mit großem Gefälle wird die fluviatile Zertalung und damit auch die Reliefenergie entsprechend größer.

In welchem Verhältnis steht nun der durch das Talgefälle entstehende Mehrwert der maximalen Reliefenergie zur typischen Reliefenergie (das heißt ohne das Gefälle in der Talrichtung)? Bleibt der betreffende Mehrwert zur Zunahme der typischen Reliefenergie prozentual gleich oder ändert er sich? Das soll anhand der folgenden Tabelle untersucht werden.

Tabelle 7

Vergleich zwischen maximaler und typischer Reliefenergie.

| Koordinaten | Reliefenergie mit Talgefälle (maximale Reliefenergie) | Reliefenergie ohne Talgefälle (typische Reliefenergie) | Differenz in | |
|-------------|---|--|-----------------|-------|
| | | | m | % |
| 631/221 | 68 m | 65 m | 3 | 4,62 |
| 635/217 | 120 m | 110 m | 10 | 9,09 |
| 629/213 | 161 m | 136 m | 25 | 18,38 |
| 637/211 | 215 m | 171 m | 44 | 25,74 |
| 633/211 | 270 m | 215 m | 55 | 25,58 |
| 631/207 | 330 m | 260 m | 70 | 26,92 |
| 635/203 | 381 m | 290 m | 91 | 31,37 |
| 629/205 | 428 m | 293 m | 135 | 46,08 |

Nach dieser Tabelle wächst das Talgefälle proportional zur Zunahme der relativen Höhen. Je größer die Reliefenergie ist, desto größer wird auch das Talgefälle. Der durch das Gefälle entstehende Mehrwert bleibt zur Zunahme der typischen Reliefenergie *prozentual nicht* gleich.

Für den ganzen Bereich des Napfs beträgt der Mittelwert der maximalen Reliefenergie 260,38 m, und der typischen 202,01 m, was eine Differenz von 28,92 % ergibt. Dieser Fehler wird beim Kartogramm der maximalen Reliefenergie nicht zu vermeiden sein. Er dürfte jedoch für jeden untersuchten Raum im Durchschnitt ungefähr gleich sein, so daß die Kartogramme doch miteinander verglichen werden können. Zu großen Fehlergebnissen (mehr als 100 %) führt die Einberechnung des Talgefälles immer dann, wenn die Maschenweite mit der Durchtalung nicht oder nur schlecht übereinstimmt.

Bei der richtigen Festsetzung des Maschennetzes wird auch die Gefahr viel kleiner, daß über einzelne Kuppen hinweggemessen oder zusammengehörende Hänge unterteilt werden. Daß zum Studium des Kartogramms stets zugleich eine topographische Karte benötigt wird, bleibt ein großer Nachteil dieser Darstellungsart.

Ebenso ließen sich auch die Fehler, die infolge der Erhebungen am Rande eines Feldes für die Nachbarfelder entstehen, vermeiden, wenn, wie einzelne Autoren vorschlagen, die Grenzlinien der Maschen nicht allzu straff gespannt, das heißt wenn Messungen bis zu 25 % über den Rahmen hinaus geduldet würden. Damit würde der Natur bestimmt weniger Gewalt angetan, aber die Darstellung würde wiederum dem subjektiven Ermessen unterliegen.

Mit unserer eben dargelegten Methode wird somit ein Weg gezeigt, der gestattet, die *maximale* Reliefenergie zu berechnen und graphisch als Kartogramm so darzustellen, daß jede denkbare subjektive Beeinflussung ausgeschaltet bleibt. *Eine solche Darstellung entspricht somit vollständig dem Wesen und der Eigenart einer graphischen Darstellung.* Die Vorzüge eines Schemas werden damit ganz ausgenützt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, *daß nach der beschriebenen Methode die Hauptfehler wohl auf ein Mindestmaß herabgesetzt, niemals aber ganz vermieden werden können. Die einfache Berechnungsart, der verhältnismäßig kleine Zeitaufwand, sowie die vollständig objektive Arbeitsweise werden dieser Darstellungsart in der Praxis auch weiterhin einen Vorrang geben.*

bb. Graphische Darstellung des Napfgebietes nach der Karte

I.

Die Karte der Reliefenergie der Napfgruppe wurde im Prinzip nach der Krebschen Methode erstellt. Eine wesentliche Änderung haben wir

in der Weite des Maschennetzes und in der Begrenzung des Horizontalabstandes der Vergleichspunkte vorgenommen.

Da es sich in dieser Darstellung um ein viel kleineres Flächenstück als im Falle von Krebs handelt, mußten andere Felder gewählt werden. Sie wurden nach der auf S. 28 und ff. erläuterten Methode bestimmt. Genau wie beim Kartogramm wurde auch hier ein quadratisches Gitter von 2 km Seite über den Napf gelegt. Krebs und Sidaritsch hatten Felder von 100 km² gewählt und in jedem Felde mindestens 4 getrennt aufgezeichnete Messungen vorgenommen, so daß durchschnittlich auf je 25 km² eine Maßzahl kam. In unsern Quadraten wurden mindestens 2, meist aber 3–4 Messungen durchgeführt. Der daraus berechnete Mittelwert stellt die typische Reliefenergie eines ganzen Feldes dar, so daß beim Napf, im Gegensatz zu Süddeutschland, auf je 4 km² eine Maßzahl kommt (vgl. S. 11 und ff.).

Der Horizontalabstand der Vergleichspunkte durfte bei Krebs und Sidaritsch im Maximum 5 km betragen, weil diese Strecke etwa dem Radius des Gesichtsfeldes in der Ebene entspricht. Diese von Krebs aufgestellte Vorschrift schränkt aber seine Definition über die Reliefenergie ein (vgl. S. 5). Unter Reliefenergie versteht er ja den Höhenunterschied zwischen *benachbarten* Hohl- und Vollformen (typische Reliefenergie nach unserer Definition, S. 8). In jener Definition ist doch auch die Entfernung der Vergleichspunkte enthalten. Je nach der horizontalen Ausdehnung der einzelnen Formelemente werden die Punkte bald näher zu einander, bald weiter auseinander zu liegen kommen. Ihre Distanz wird daher durch die morphologische Gliederung des Geländes selbst bestimmt. Eine besondere Begrenzung ist demnach überflüssig, ja geradezu naturwidrig. Wie ungünstig eine Darstellung durch diese Vorschrift beeinflußt wird, hat Sidaritsch (vgl. S. 20) dargetan.

Aus diesen Gründen haben wir in unserer Kartierung keine Regel über die Horizontalentfernung der beiden Vergleichspunkte aufgestellt. Sie kann im Höchsthalle gleich der Diagonale des Einheitsfeldes sein (2,8 km). Wenn wir trotzdem eine bestimmte Entfernung als Norm innehielten, so mußte sie dem Gelände angepaßt werden. Eine zu klein gewählte Entfernung erzeugt die gleichen Fehler wie ein zu eng gewähltes Maschennetz. Die geeignetste Distanz zwischen den Vergleichspunkten könnte nach der gleichen Methode gefunden werden, die auch für die Bestimmung der Feldergröße gilt. Auf alle Fälle sollte die Entfernung besser zu groß als zu klein gewählt werden. Eine zu große Distanz beeinträchtigt die graphische Darstellung der Reliefenergie nicht, weil ja grundsätzlich nur vom Berg

zum benachbarten Tale gemessen wird. Eine zu kleine Distanz hingegen führt zu einer Unterteilung des Hanges.

Krebs hofft, mit seiner Methode die größten Fehler des Kartogramms vermeiden zu können. Nach freiem Ermessen können mit ihr die Vergleichspunkte im Felde gewählt werden. Ebenen werden nur mit Punkten in der Ebene, Hügel nur mit Tälern im Hügellande, und Gebirgsgipfel nur mit benachbarten Tälern verglichen usw. Der Natur wird so tatsächlich weniger Gewalt angetan und der „geographische Takt“ kommt ganz zur Geltung. Es entsteht so eine individuelle Karte.

Und doch drängen sich gerade bei diesem Verfahren verschiedene Fragen auf. Welche Seitengraben und Seitentälchen dürfen noch als Messungsbasen benutzt werden und welche nicht mehr? Wieviele Messungen sind in jedem Felde notwendig, um den besten Mittelwert zu erhalten? Befinden sich zum Beispiel in einem Tale außer einer großen Erhebung noch verschiedene kleinere, so ist es sehr schwer, eine zweckgemäße Anzahl und die richtige Auswahl zu treffen, um einen für dieses Gelände charakteristischen Durchschnittswert zu erhalten. Die Entscheidung liegt in allen Zweifelsfällen beim Kartographen selbst. Er muß seine ganze persönliche Sachkenntnis in die Karte verarbeiten; er muß sie sicherlich auch ganz allein entwerfen.

Wir haben für die Karte des Napfs alle Messungen zweimal durchgeführt, und zwar so, daß wir die erste Messung auf der topographischen Unterlage nicht erkennbar machten. Beim Vergleich der Ergebnisse zeigten sich, obwohl wir keine der beiden Messungen als eigentliche Fehlmessung hätten bezeichnen können, oft bemerkenswerte Unterschiede. Der Grund dafür ist nicht in einer Verschiedenheit unserer Auffassung zu suchen, sondern in der feinen Modellierung des Geländes. Eine bis zwei Messungen mehr oder weniger vermögen den Durchschnittswert oft wesentlich zu ändern. Außerdem können Unterschiede von nur wenigen Metern den Wert der Reliefenergie in eine nächst höhere oder nächst tiefere Stufe einreihen, wenn es sich um Grenzwerte in der Stufenskala handelt.

Krebs benutzt das Maschennetz bei seinem Verfahren nur als Vorarbeit. Es ist nur ein Mittel zum Zweck, und nicht Selbstzweck wie beim Kartogramm. Es hat bei der Karte lediglich die Aufgabe, zu verhindern, daß einzelne Landschaftsteile gar nicht oder doch zu wenig berücksichtigt werden. Aus diesem Grunde zeichnet er das störende Liniensystem auf der Karte nicht ein. Wie bei klimatologischen Karten, verbindet er auch hier gleichwertige Punkte durch Isolinien.

Schrepfer zieht die Zuverlässigkeit dieser Kurven in Zweifel. Die

Reliefenergie ist die Niveaudifferenz zwischen zwei in einer Geraden liegenden Punkten; sie ist ein Strecken-, aber kein Punktelement. Es sei deshalb ausgeschlossen, Kurven gleicher Reliefenergie zu konstruieren.

Vom mathematischen Standpunkt aus bestehen zwei Möglichkeiten zur Lösung dieser Frage.

1. Alle in einem Felde festgestellten Höhenunterschiede werden als Durchschnittswert auf den Mittelpunkt des betreffenden Feldes bezogen.

2. Nachdem in jedem Felde die einzelnen Messungen bestimmt worden sind, wird der Rahmen des Feldes weggedacht und jeder einzelne Wert für sich allein betrachtet. In diesem Falle stellt sich die Frage, wo der jeweils gefundene Wert auf der Verbindungsstrecke der beiden Vergleichspunkte fixiert werden muß.

Krebs (vgl. *Peterm. Geogr. Mitt.* 1922, Bd. 68, S. 49) hat von der zweiten Lösung Gebrauch gemacht. Doch ist nicht zu erkennen, wo er den Punkt auf der Verbindungsstrecke angenommen hat.

Für unsere Karte haben wir die erste Lösung verwendet. In jedem Felde wurde der Mittelwert der typischen Reliefenergie auf den Mittelpunkt des entsprechenden Feldes bezogen. Von diesem aus können durch geometrische Interpolation weitere Punkte gleicher Reliefenergie bestimmt werden. Diese Methode setzt aber voraus, daß sich die Reliefenergie kontinuierlich ändert, so daß man zur Interpolation zwischen den Kurven berechtigt ist. Dies trifft bei dieser reif zertalten Landschaft des Napfstockes wohl zu. In einer Landschaft mit stark und vor allem plötzlich wechselnder Reliefenergie dagegen wäre diese Methode jedoch nicht zu empfehlen. Aus diesem Grunde wird Krebs für Süddeutschland die andere Darstellung vorgezogen haben, obwohl sie für jenes System nicht ganz zulässig ist.

Mit der Einzeichnung der Kurven sind gewisse Fehler nicht zu vermeiden. Der auf das Feld bezogene Mittelwert ist ein Dichtewert. Wird die Kurve nun durch den Mittelpunkt des Feldes oder durch irgendeinen Punkt der Verbindungslinie gezogen, so entspricht die durch die Kurven abgestufte Reliefenergie nicht mehr genau dem Dichtewert, für dessen Einheitsfläche sie berechnet wurde. Die Reliefenergie ist daher nicht mehr für jede Geländepartie charakteristisch. Schon beim Kartogramm (vgl. S. 41) wurde festgestellt, daß durch die zufällige Lage der Vergleichspunkte im Maschennetz Hohl- und Vollformen oft seitlich verschoben werden. Diesen Fehler konnte Krebs durch die freie Auswahl der Vergleichspunkte vermeiden. Dafür aber entsteht bei der Verwendung der Kurven wieder derselbe Fehler, so daß in dieser Beziehung tatsächlich kein Fortschritt festzustellen ist.

Bei dieser Darstellungsart ist die Beurteilung bald objektiv, bald subjektiv. Maschennetz und Kurven werden nach mathematischen Grundsätzen gezeichnet, die Wahl der Vergleichspunkte und somit auch die Berechnung der typischen Reliefenergie hingegen nach freier Willkür des Autors vorgenommen. Gewiß, die geometrische Grundlage soll nur ein Mittel, niemals Selbstzweck in der Geographie sein. Es kann aber nicht richtig sein, daß bei ein und derselben Methode der eine Faktor eine persönliche Bewertung zuläßt, der andere nicht.

II.

Vergleicht man die Vor- und Nachteile der Karte mit jenen des Kartogramms, so kommen wir zu folgender Einsicht:

Die Berechnung der typischen Reliefenergie hängt von der persönlichen Auffassung des Kartographen so sehr ab, daß die Karte dem Wesen und der Eigenart einer graphischen Darstellung nicht mehr entspricht. Die Nachteile, die eine solche Kartierung notwendigerweise zeitigt, sind entschieden größer als zum Beispiel jene, die bei der Berechnung der maximalen Reliefenergie durch die Einberechnung des Talgefälles entstehen. Diese Berechnung bildet eine Fehlerquelle, die mehr oder weniger genau festgestellt und bei der Verwendung der graphischen Darstellung berücksichtigt werden kann. Die subjektive Bewertung hingegen ist ein nicht meßbarer Faktor. Vom mathematischen Standpunkte aus ist daher das Kartogramm der Karte vorzuziehen.

Vom geographischen Standpunkt aus wäre es gerade umgekehrt, wenn die Reliefenergie als solche nur berechnet und nicht graphisch dargestellt würde. Die Berechnung der typischen Reliefenergie tut der Natur wohl weniger Gewalt an; ihre graphische Darstellung läßt sich aber mit den mathematischen Grundsätzen nicht vereinbaren. Dadurch wird der scheinbar große Vorteil wesentlich abgeschwächt. Das gleiche gilt auch vom topographischen Standpunkt aus. Die Karte vermag den Leser wohl über die wichtigsten topographischen Verhältnisse zu orientieren, stimmt aber mit der Reliefenergie nicht überall genau überein, weil Hohl- und Vollformen oft verschoben werden.

Wenn man ferner bedenkt, daß die Anfertigung einer Karte viel mehr Zeit in Anspruch nimmt als das Kartogramm, und erst noch von ein und demselben Autoren erstellt werden muß, so wird aus allen diesen Überlegungen heraus dem Geographen die Wahl zwischen den beiden Darstellungsarten nicht schwer fallen.

cc. Graphische Darstellung des Napfgebietes nach der Isolinienkarte

Diese Karte wurde nach der Methode von Paschinger erstellt. Als Grundlagen der Berechnungen diente die Exkursionskarte Napf-Entlebuch.¹ Auf dieser bestimmten wir unter Zuhilfenahme des Topographischen Atlas (Maßstab 1:25 000) die Endpunkte der Basislinien. Dann markierten wir von möglichst vielen und charakteristischen Fußpunkten aus die der Stufenkala entsprechenden Höhenkoten und verbanden die gleichwertigen durch Isolinien miteinander. Die Messung geschah stets in der Richtung des Gefälles, das heißt quer zum Tale. Auf einem über die Karte gespannten Pauspapier zeichneten wir die Isolinien, das Flußnetz und die Grate – soweit sie für die Kurvenzeichnung nötig waren – ein. Um diese Karte auch mit den beiden andern graphischen Darstellungen vergleichen zu können, mußte der lineare Maßstab von 1:50 000 auf 1:150 000 reduziert werden.

Kleinere Fehler sind bei dieser Arbeitsweise kaum ganz zu vermeiden, weil auf der benützten Exkursionskarte einzelne Kurventeile von der starken Schummerung vollständig überdeckt oder sonst unleserlich geworden sind. Es mußten deshalb auch zur Bestimmung der Hangpunkte die Blätter des Topographischen Atlas (1:25 000) herbeigezogen werden, was stets einen fühlbaren Zeitaufwand bedeutet.

Im Laufe der Arbeit zeigten sich die Vor- und Nachteile dieser Darstellungsart gegenüber der Felder-Methode:

1. Der viel zitierte „geographische Takt“ kommt durch die Einzeichnung des Kamm- und Flußnetzes ganz zur Geltung. Reliefenergie und Topographie der Landschaft ergänzen sich gegenseitig.

2. Die Isolinienkarte ist keine Dichtekarte. Die berechnete Reliefenergie ist daher für die betreffende Landschaft stets charakteristisch; Verschiebungen wie bei der Feldermethode sind ausgeschlossen.

3. Das persönliche Gutfinden des Kartographen wird auf ein Minimum beschränkt. Vollständig der Willkür des Autors überlassen ist nur die Festsetzung der Endpunkte der Basislinien.

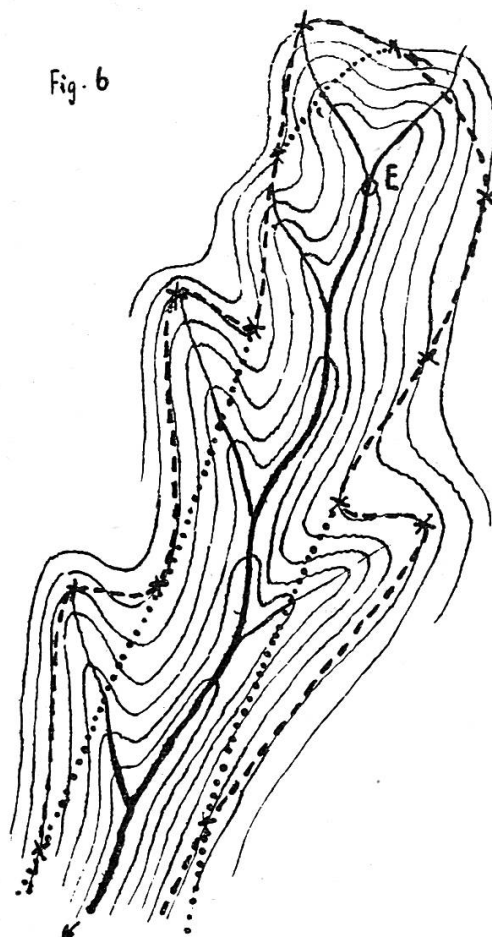
4. Die Isolinienkarte gestattet – unbedingt notwendig ist es aber nicht – auch eine Einzeichnung der wichtigsten Siedlungen, Grenzen, Verkehrslinien und eventuell eine einfache Beschriftung.

Eigentliche Fehler, wie sie bei der Feldermethode auftreten, kommen bei dieser Arbeitsweise nicht vor. Zweifelsfälle, wenn auch von geringer Be-

¹ Maßstab 1:50 000, Äquidistanz 20 m. Verlag Kümmerli & Frey, Bern.

deutung, wie dies zum Beispiel aus Figur 6 hervorgeht, sind natürlich auch hier möglich.

Längs des rechten Hanges der Talsohle (Fig. 6) treten Kämme und Mulden in regelmäßigem Wechsel so auf, daß die Kurven beständig ein- und ausbiegen. Da ist die Frage zu entscheiden, wo und wieviele Hangpunkte in diesem Falle markiert werden müssen.



Die Seitengraben kommen als neue Fußpunktlinien nicht in Frage, weil sie nicht als selbständige Täler, sondern nur als Einschnitte in die Flanke des Haupttales aufzufassen sind. Der Endpunkt der Basislinie liegt daher an der obersten Flußgabelung, weil dort der eigentliche Talboden aufhört und seine Fortsetzung bereits dem Gehänge angehört (Pt. E.). Streng genommen müßte man in diesem Falle bei jeder Mulde und bei jedem Kamm die relative Höhe feststellen und am Hang markieren. Die so entstehende Isolinie bekäme einen welligen Verlauf. Inwieweit auf solche Einzelheiten Rücksicht genommen werden soll, bleibt dem Entscheid des Erstellers überlassen. In erster Linie wird es auf die Größe des Maßstabes

der graphischen Darstellung ankommen. Bei einem größeren Maßstab ist es angebracht, auf solche Einzelheiten einzutreten; bei einem kleineren verschwinden sie von selbst. Im Napfgebiet, wo die feine fluviatile Modellierung geradezu das Charakteristikum ist, wird der Kartograph nach seinem Ermessen entscheiden müssen, wo er auf die Einzelheiten einzutreten hat und wo nicht. Da unsere graphischen Darstellungen nach Karten von 1:25 000 und 1:50 000 entworfen und nachher auf 1:150 000 reduziert wurden, war es angezeigt, in Zweifelsfällen nach der Dufourkarte zu entscheiden. Waren hier die Seitengraben noch gut sichtbar eingezeichnet, so wurden sie berücksichtigt (gestrichelte Isolinie), andernfalls aber nicht (punktierte Isolinie).

Ebenso läuft der Kartograph hie und da Gefahr, nicht ganz genau in der Gefällsrichtung zu messen. Doch entstehen hieraus nur kleine Fehler, und schließlich hängt die Vermeidung dieser Fehler eben doch von der zuverlässigen Arbeit des Kartographen ab.

b. Allgemeine Folgesätze

Nachdem wir ein und dasselbe Gebiet nach den verschiedenen Methoden kartiert haben, sollte es nun möglich sein, die Frage nach der besten der hier angewandten Methoden zu beantworten.

I.

Alle drei graphischen Darstellungen beziehen sich auf die Napf-landschaft. Es ist mit dem Zürcheroberland, dem nördlichen Teil der luzernisch-aargauischen Seitentäler der Aare (zwischen Schöffland und Lenzburg) und dem Schwarzenburgerland südlich von Bern der einzige Teil des Landes, der von der glazialen Erosion der Würmeiszeit unberührt blieb. Diese Bezirke waren damals ununterbrochen der fluviatilen Erosion ausgesetzt. Die Napfgruppe stellt deshalb im Gegensatz zu den unter dem Eise gelegenen, wenig gegliederten Bergrücken des übrigen Mittellandes (zum Beispiel Lindenberg) eine reif zertalte Landschaft dar. Vom höchsten Punkt, dem Napf, aus erscheint die beinahe kreisrunde Berggruppe, wie O. FLÜCKIGER¹ treffend sagt, als eine reich modellierte Rosette von Rücken und Tälchen.

Diese Berggruppe gehört der miocänen Molasse an. Sie setzt sich aus Nagelfluh, mürben Sandsteinen und vereinzelt Mergelbänken zusammen.

¹ Morphologische Untersuchungen am Napf, S. 1 u. ff. Bern 1919.

Die Grenze zwischen flachgelagerter und stark gestörter Molasse am Alpen-nordfuß geht mitten durch den Napfstock. Da diese Berggruppe nur der fluviatilen Erosion ausgesetzt war, muß sich der morphologische Bau in einem ganz besonderen Stil im Relief widerspiegeln. Die nördlich des Napf flach gelagerten Schichten bedingen ein ruhigeres, die südlichen, stark ansteigenden Schichtlagen ein bewegteres, fast schon ein alpin anmutendes Relief.

II.

Welche von den drei graphischen Darstellungen vermag nun die Wesenszüge dieses charakteristischen Reliefs am naturgetreuesten zum Ausdruck zu bringen?

Alle Darstellungen sind im Maßstab 1:150 000 gezeichnet. Bei dem Kartogramm und der Karte wurde eine Stufenskala von 50 zu 50 m, bei der Isolinienkarte von 100 zu 100 m gewählt. Eine gleiche Unterteilung hätte die letzte Darstellung nur unübersichtlich gemacht, weshalb wir dort von den Zwischenstufen absahen. Durch die übereinstimmende Schraffierung lassen sich aber trotzdem alle drei Zeichnungen mühelos miteinander vergleichen. Für das Kartogramm hätte sich mit Rücksicht auf das fein durchtalte Gelände sogar eine noch kleinere Abstufung, zum Beispiel von 30 zu 30 m, vorteilhaft verwenden lassen. An Stelle der Schraffierung könnte man natürlich mit Farben die Darstellungen noch bedeutend übersichtlicher gestalten.

Im *großen* und *ganzen* stimmen alle drei graphischen Darstellungen befriedigend überein. Wie zu erwarten war, lassen alle erkennen, daß im nördlichen Teil die Reliefenergie langsam aber stetig abnimmt. Es handelt sich dort um das oben erwähnte ruhigere Relief. Südlich von der Napfhöhe ist die Reliefenergie größer, das Relief unruhiger, bewegter. Im *kleinen* weichen die Darstellungen wesentlich voneinander ab. Ein paar wenige Vergleiche genügen, um darüber ins klare zu kommen.

Die größte Reliefenergie geht auf der Karte bis zu 345 m, auf dem Kartogramm bis 430 m und auf der Isolinienkarte bis 4-500 m. Diese Zahlen weichen aber nicht nur in ihrem Wert voneinander ab, sondern auch in bezug auf ihre geographische Lage. Nach der Isolinienkarte befindet sich die größte relative Höhe östlich vom Napf, nach der Karte in unmittelbarer Nähe des Napfgipfels, und nach dem Kartogramm noch weiter südwestwärts verschoben, ungefähr in der Gegend des Brandöschgrabens. Die Minimalwerte betragen 65 m auf der Karte, 68 m auf dem Kartogramm und natürlich 0 m auf der Isolinienkarte. Wie sich die Werte

innerhalb dieser extremsten Punkte von Feld zu Feld unterscheiden, zeigen am besten die Tabellen 8 und 9 (Seite 53). Auf der graphischen Darstellung erscheinen die Differenzen infolge der Abstufung etwas mehr ausgeglichen. Die verschiedenen Ergebnisse in diesen wenigen Beispielen zeigen jedoch, wie ungleich sich die Methoden praktisch auswirken und wie vorsichtig man daher erst recht beim Vergleich von graphischen Darstellungen verschiedener Landschaften sein muß.

Ganz allgemein ist die typische Reliefenergie, wie vorauszusehen war, bedeutend kleiner als die maximale. Die größte Differenz zwischen Karte und Kartogramm beträgt 200 m (Koordinaten 207/639), die kleinste 2 m, und die Differenz der beiden für das ganze dargestellte Gebiet berechneten Mittelwerte 58,37 m oder 28,9 % (vgl. S. 43). Wenn man bedenkt, daß es sich beim Napf um ein regelmäßig gegliedertes Gelände handelt, so sind das wesentliche Unterschiede. In einem morphologisch sehr unregelmäßig gegliederten Gelände müßten sich daher solche Fehler noch um ein Vielfaches vermehren.

Grundsätzlich muß zwischen Karte und Kartogramm einerseits und Isolinkarte andererseits unterschieden werden. Die ersten zwei Arten sind Kartierungen nach der Feldermethode. Partsch hat diese Methode für eine Hügellandschaft, das heißt für die Heide und deren Randgebiete, für die er sie auch erfunden hat, angewendet. Damit hat er einen deutlichen Fingerzeig gegeben, daß solche Darstellungen nur für Gebiete anwendbar sind, die kein sehr differenziertes Relief besitzen. In der Folgezeit wurde seine Methode verallgemeinert. Die unbefriedigenden Ergebnisse zeigen aber, daß man im Prinzip wieder zur Partschschen Methode zurückkehren sollte.

Es ist daher ausgeschlossen, die Reliefenergie beispielsweise von einem Sektor der Alpen mit dem anschließenden Vorland auf dasselbe Papier zu bringen, so wünschenswert dies wäre. Das Mittelland, der Jura, die Alpen usw. verlangen stets andere Maschennetze; ja vielfach wird man sogar innerhalb dieser Flächeneinheiten verschiedene Feldergrößen wählen müssen. Die Reliefenergie ist ein Dichtewert, der nur bestimmt werden kann, wenn die Fläche, auf die er bezogen wird, dem Gelände nach Möglichkeit angepaßt worden ist. Es erübrigt sich zu sagen, daß unter diesen Umständen der Wert dieser Methode für große und wechselvolle Gebiete in keinem Verhältnis zum Arbeitsaufwand steht. Für die Schweiz werden daher infolge der mannigfaltigen Oberflächengestalt nur kleinere Areale in Betracht kommen. Wenn Krebs für Süddeutschland und die Alpen die gleiche Maschenweite verwenden konnte, so war das nur dank der großen Ein-

Typische Reliefenergie

(bei höchstens 2,8 km Horizontalabstand)

Tabelle 8. Wertetabelle für die Karte

| | 629 | 631 | 633 | 635 | 637 | 639 | 641 | 643 | 645 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 223 | | | | | | | | | |
| 221 | 112 | 65 | 105 | 136 | 148 | 132 | 130 | 129 | |
| 219 | 107 | 102 | 126 | 132 | 153 | 148 | 124 | 151 | |
| 217 | 122 | 103 | 114 | 110 | 143 | 137 | 170 | 145 | |
| 215 | 121 | 108 | 128 | 129 | 151 | 144 | 144 | 165 | |
| 213 | 136 | 167 | 150 | 170 | 175 | 201 | 191 | 217 | |
| 211 | 207 | 220 | 215 | 185 | 171 | 214 | 222 | 226 | |
| 209 | 220 | 284 | 271 | 210 | 170 | 265 | 300 | 289 | |
| 207 | 245 | 260 | 290 | 262 | 240 | 230 | 260 | 230 | |
| 205 | 268 | 293 | 336 | 320 | 345 | 341 | 255 | 215 | |
| 203 | 240 | 324 | 289 | 290 | 240 | 300 | 250 | 294 | |
| 201 | 230 | 208 | 275 | 212 | 265 | 185 | 255 | 320 | |

Maximale Reliefenergie

(bei höchstens 2,8 km Horizontalabstand)

Tabelle 9. Wertetabelle für das Kartogramm

| | 629 | 631 | 633 | 635 | 637 | 639 | 641 | 643 | 645 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 223 | | | | | | | | | |
| 221 | 132 | 68 | 153 | 173 | 191 | 185 | 136 | 131 | |
| 219 | 121 | 100 | 150 | 175 | 164 | 176 | 123 | 163 | |
| 217 | 140 | 137 | 123 | 120 | 176 | 170 | 181 | 163 | |
| 215 | 171 | 156 | 158 | 164 | 194 | 169 | 181 | 208 | |
| 213 | 161 | 184 | 200 | 174 | 219 | 227 | 240 | 301 | |
| 211 | 261 | 318 | 270 | 260 | 215 | 311 | 301 | 290 | |
| 209 | 320 | 326 | 321 | 300 | 271 | 359 | 333 | 356 | |
| 207 | 330 | 330 | 351 | 410 | 320 | 430 | 357 | 341 | |
| 205 | 327 | 428 | 386 | 363 | 410 | 410 | 332 | 344 | |
| 203 | 296 | 411 | 430 | 381 | 329 | 394 | 329 | 409 | |
| 201 | 321 | 340 | 360 | 260 | 324 | 280 | 366 | 344 | |

heitsflächen (100 km²) möglich, auf welchen er nach freiem Ermessen die Vergleichspunkte bestimmen konnte. Die Berechnung der maximalen Reliefenergie müßte bei gleichbleibendem Quadratnetz sehr viel größere Fehlresultate ergeben.

Anders die Karte von Paschinger. Diese ist für alle Gebiete gleich verwendbar. Sie braucht auf die morphologische Beschaffenheit des Geländes keine Rücksicht zu nehmen. Die Höhenschichtenkarte ist eine Karte der absoluten Höhen, die Isolinienkarte eine solche der relativen Höhen. Sie sind keine Dichtekarten und werden deshalb in ihrer Art von keiner andern Darstellung übertroffen. Die Isolinienkarte kommt daher der Wirklichkeit am nächsten. Ein Vergleich mit den beiden übrigen Darstellungen zeigt das unbestreitbar. Von allen drei über die Reliefenergie im Napf erstellten graphischen Darstellungen vermag die Isolinienkarte das Bild des Reliefs am besten zum Ausdruck zu bringen. Und da sie auch methodisch keine Schwierigkeiten bietet, dürfte sie unter den graphischen Darstellungsarten den ersten Platz einnehmen.

Isolinienkarte und Kartogramm sollten die einzigen Darstellungsarten sein, wenn man sich nicht auf ein und dieselbe einigen will. Das Kartogramm wird immer dann in Frage kommen, wenn man eine Dichtekarte erstellen will; die Isolinienkarte aber dann, wenn auch die topographischen Verhältnisse auf der Karte zum Ausdruck kommen sollen.

III.

Zusammenfassend lassen sich folgende Grundsätze aus unserer Darstellung ableiten:

1. Nach den bis heute verwendeten Methoden ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen Darstellungen nach der Feldermethode (Kartogramm), nach der Felder- und Kurvenmethode (Karte) und solchen nach Höhenschichten (Isolinienkarte).
2. Karte und Kartogramm sind nur für landschaftlich nicht allzu verschieden gegliederte Gebiete anwendbar und deshalb in ihrer Verwendbarkeit durch die Größe des darzustellenden Areals begrenzt. *Kleinere Gebiete werden sich im allgemeinen besser eignen als große.*
3. Bei der Festsetzung der Maschenweite ist auf den Formenwechsel des Geländes stets Rücksicht zu nehmen. Die zweckmäßigste Feldergröße wird nach der auf Seite 28 und ff. beschriebenen Methode gefunden.

4. Karte und Kartogramm sind Dichtekarten und daher für die einzelnen Landschaftsteile nicht unbedingt charakteristisch.
5. *Das Kartogramm ist der Karte vorzuziehen, weil es eine vollkommen objektive Konstruktion ermöglicht* und daher mit anderen graphischen Darstellungen verglichen werden kann.
6. *Das Kartogramm erfordert von allen drei graphischen Darstellungen den geringsten Zeitaufwand.*
7. Gewisse Fehler sind jedoch auch beim Kartogramm nicht zu vermeiden, so die falsche Beeinflussung der Nachbarfelder, die Einberechnung des Talgefälles und die Fehler, die entstehen, weil durch das Maschenetz die Gliederung der Landschaft nicht immer naturgetreu wiedergegeben wird.
8. Ebenso sind eine einfache Beschriftung, eine Einzeichnung des Fluß- und Kammnetzes, der wichtigsten Siedlungen usw. beim Kartogramm unzulässig, weil durch die zufällige Lage der Vergleichspunkte Hohl- und Vollformen oft verschoben werden. Zur Orientierung muß man daher stets eine topographische Karte beziehen.
9. Die Isolinienkarte ist im Gegensatz zu den beiden nach der Feldermethode erstellten Darstellungen *für alle Gebiete anwendbar*. Sie ist von den Formen des Geländes unabhängig und kann mit jeder anderen Isolinienkarte verglichen werden.
10. Sie ist keine Dichtekarte und kommt der *geographischen Wirklichkeit am nächsten*. Jeder berechnete und nach ihr graphisch dargestellte Reliefenergiewert ist für die betreffende Landschaft charakteristisch.
11. Sie ermöglicht die Einzeichnung der wichtigsten topographischen Merkmale und erlaubt auch eine Orientierung.
12. *Die Isolinienkarte gestattet die beste und größte Auswertung. Sie ist die zweckmäßigste Methode für die Darstellung der Reliefenergie.* Es entstehen weder in der Berechnungsart noch in der Methode der graphischen Darstellung irgendwelche Zweifel oder sonstige Unzulänglichkeiten. Sie wird daher in ihrer Art von keiner andern graphischen Darstellung übertroffen werden können.

Schlußwort

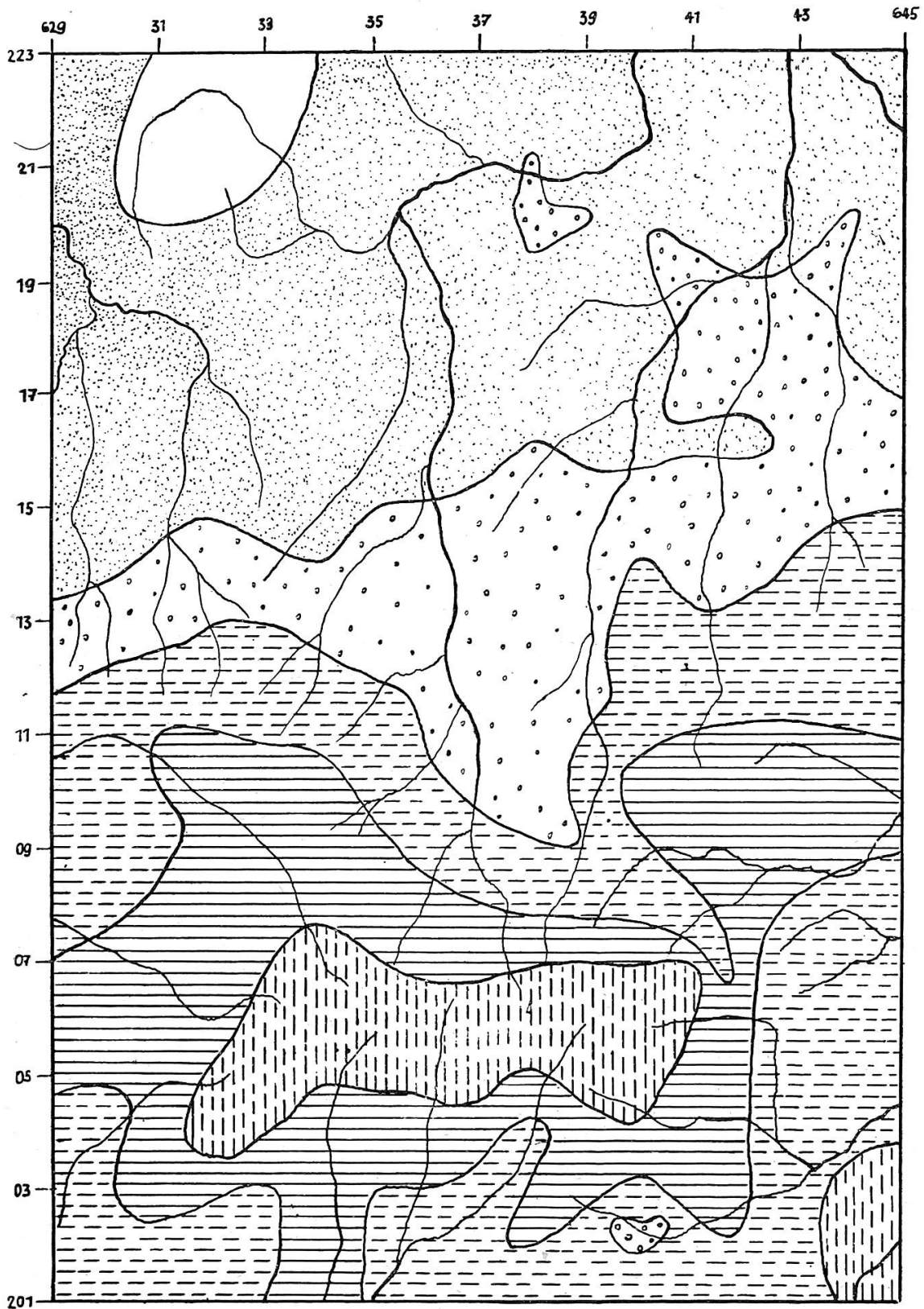
„Ohne geistige Durchdringung bleibt die Orometrie Handlangerarbeit“, sagt Krebs¹ in der Gedächtnisschrift von Hermann Wagner. Mit abstrakten Zahlen ist der forschenden Geographie praktisch nicht gedient. Sie sollen nur Mittel zum Zweck sein. Die Berechnungen der Reliefenergie irgendeiner Landschaft ergeben auch abstrakte Zahlwerte, die dem Geographen das Material zur Erstellung einer Karte liefern sollen. Die Karte allein kann daher niemals als das Ziel der Reliefenergieberechnung betrachtet werden. Gleich wie jede topographische Karte nur dann einen Wert hat, wenn sie uns über möglichst viele geographische Faktoren Aufschluß zu geben vermag (Siedlungsverhältnisse, Wegsamkeit, Flußdichte usw.), so soll auch die Karte der Reliefenergie ausgewertet werden können.

Die topographische Karte wird aber erst dann zum wissenschaftlichen Hilfsmittel, wenn sie der Natur gemäß gezeichnet ist. Ebenso kann auch erst dann an eine Auswertung der graphischen Darstellung der Reliefenergie gedacht werden, wenn feststeht, daß die Darstellung der in der Natur vorhandenen Reliefenergie wirklich entspricht. Vermag sie dies nicht zu tun, so hat es gar keinen Sinn, an ihre Auswertung zu denken.

Als Ziel dieser Untersuchung war nicht gedacht, die Reliefenergie auf ihre geographische Auswertung hin zu prüfen, sondern in erster Linie festzustellen, wie sie sich graphisch am zweckmäßigsten darstellen läßt. Die Frage nach der Auswertung der naturgetreusten Kartierung mußte daher auf Grund der soeben erwähnten Überlegung in dieser Arbeit offen bleiben. Betont sei nur noch – und das geht aus den auf Seite 54 und ff. zusammengestellten Sätzen hervor –, daß die Isolinienkarte in allererster Linie für eine vielseitige und nutzbringende praktische Verwertung in Frage kommt. Mit gewissen Einschränkungen wird auch das Kartogramm ausgewertet und in der Geographie als morphometrisches Hilfsmittel Verwendung finden können. Weniger aber wird sich die Karte dazu eignen, weil sie dem subjektiven Ermessen des Autors zu stark unterliegt.

¹ Maß und Zahl in der physischen Geographie. Hermann Wagner-Gedächtnisschrift. 1930.

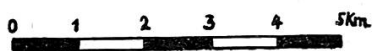
Karte der typischen Reliefenergie des Napfgebietes



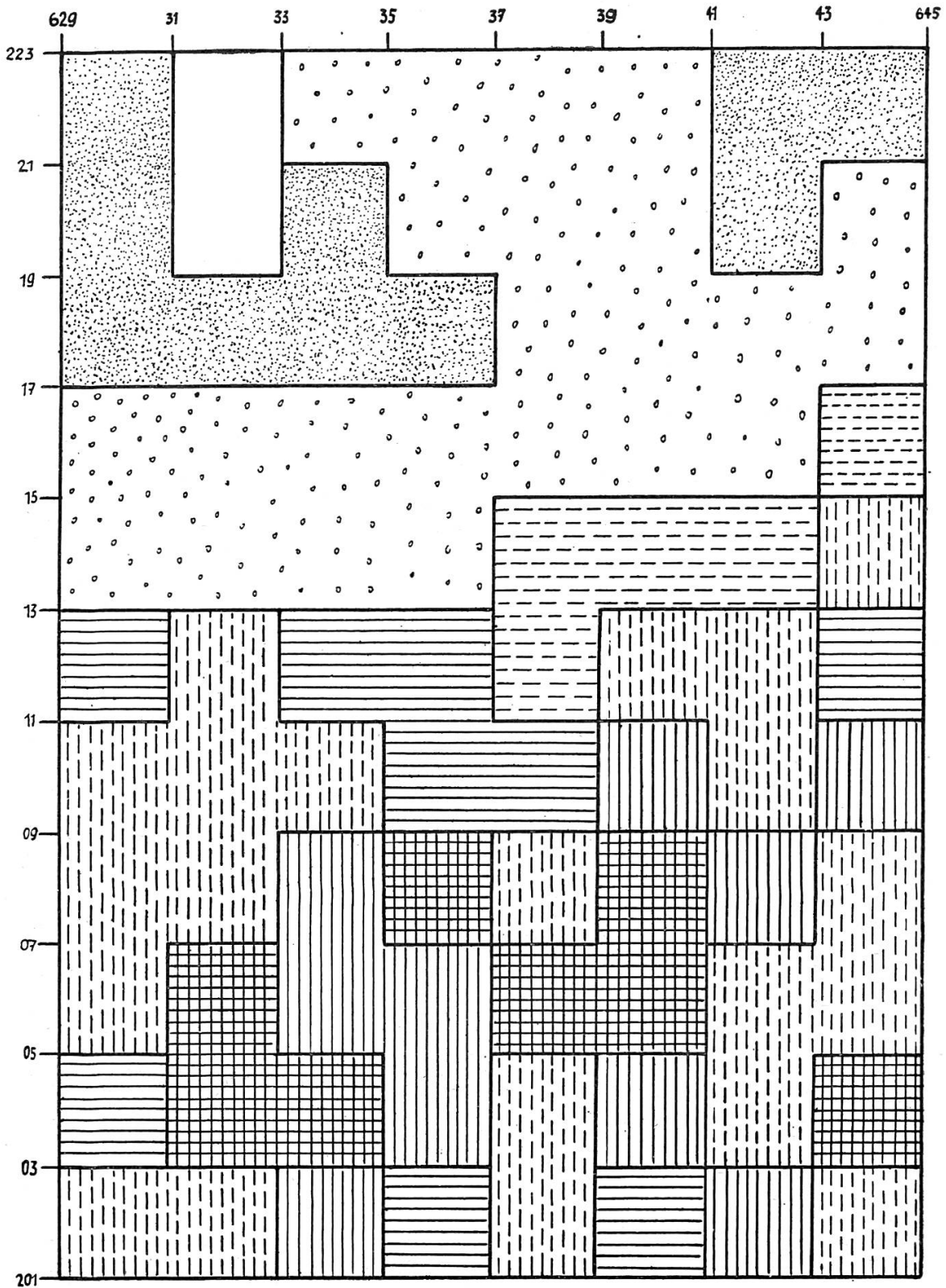
Legende:

| | | | |
|----------|--|----------|--|
| 0-100m | | 201-250m | |
| 101-150m | | 251-300m | |
| 151-200m | | 301-350m | |

Masstab 1: 150 000



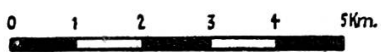
Kartogramm der maximalen Reliefenergie des Napfgebietes



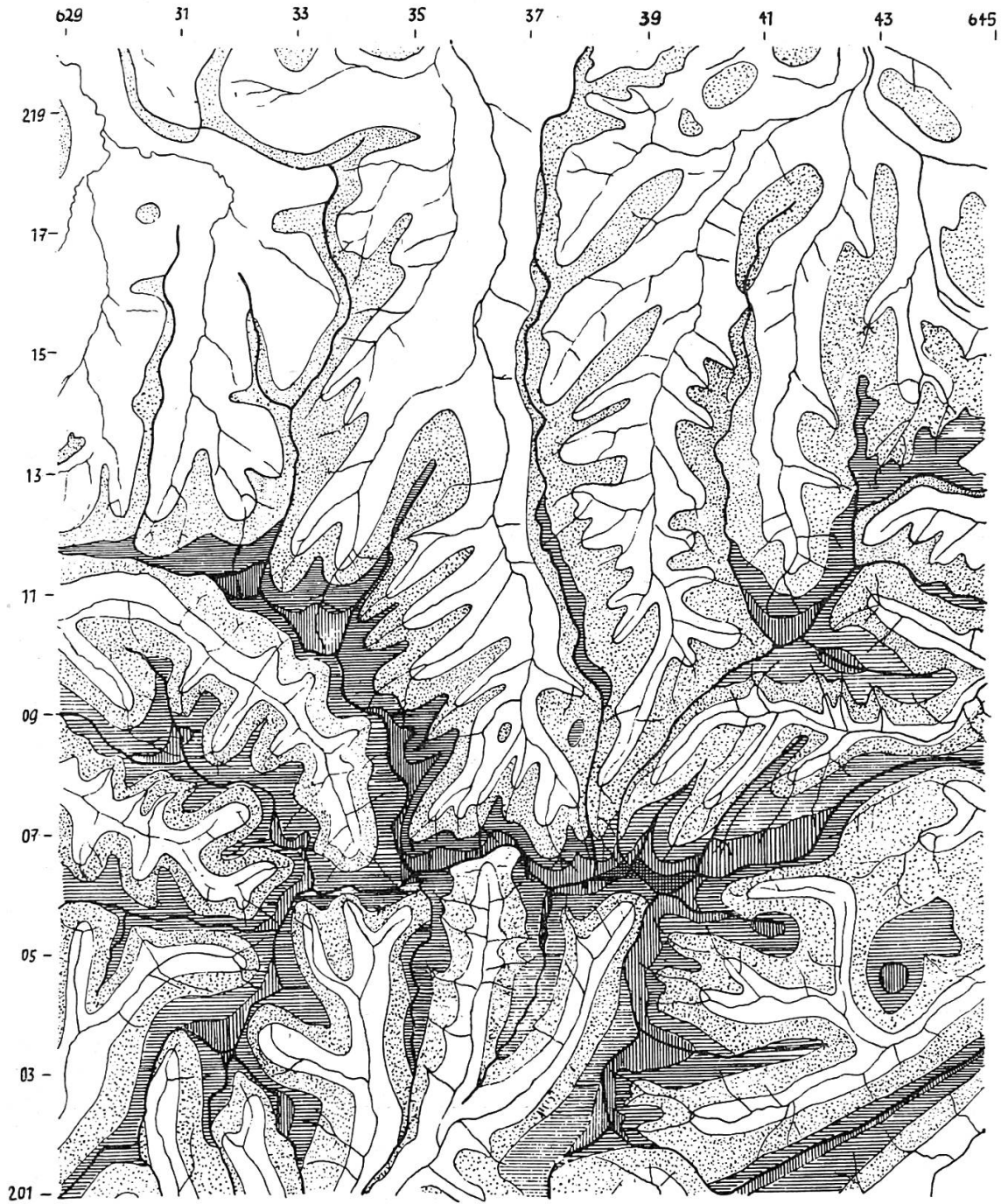
Legende:

| | | | |
|------------|--|------------|--|
| 0 - 100m | | 251 - 300m | |
| 101 - 150m | | 301 - 350m | |
| 151 - 200m | | 351 - 400m | |
| 201 - 250m | | 401 - 450m | |

Masstab 1: 150 000



Isolinienkarte der Reliefenergie des Napfgebietes



Masstab 1:150 000



Legende:

- 0 - 100 m
- 100 - 200 m
- 200 - 300 m
- 300 - 400 m
- 400 - 500 m

