

BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

ABHANDLUNGEN · NEUE FOLGE, HEFT 113

KLAUS FISCHER

Hüllfläche und Sockelfläche
des Reliefs

dargestellt am Beispiel

der Schweizer und Salzburger Alpen

Mit einer Karte in zwei Teilen samt zwei Deckblättern

Vorgelegt von Herrn Herbert Louis am 1. März 1963

MÜNCHEN 1963

VERLAG DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KOMMISSION BEI DER C.H.BECK'SCHEN VERLAGSBUCHHANDLUNG MÜNCHEN

Printed in Germany

Druck der C.H.Beck'schen Buchdruckerei Nördlingen

VORWORT

Die Anregung zu der vorliegenden Arbeit verdanke ich Herrn Professor Dr. H. Louis. Zu großer Dankbarkeit bin ich ihm auch für die zahlreichen Ratschläge und Hinweise verpflichtet, die er mir während der Fertigstellung der Dissertation gewährte.

Mit dieser Arbeit soll der Versuch unternommen werden, an die Stelle des nicht gut geklärten Begriffes Gipfelflur eine besser durchschaubare Vorstellung zu setzen, nämlich den Begriff der Reliefhüllfläche. Es wird sich zeigen, daß der Begriff zugleich gewisse Hilfen zur Aufhellung der Entstehungsgeschichte der Alpen zu liefern imstande ist.

Diese Möglichkeiten können in der vorliegenden Arbeit nur angedeutet werden. Zu ihrer näheren Ausschöpfung wären natürlich auch ausgedehnte Feldarbeiten notwendig. Solche konnten im Rahmen der Arbeit nicht durchgeführt werden, da es sich zuerst einmal darum handelt, den Begriff der Reliefhüllfläche darzustellen und zu begründen.

INHALTSÜBERSICHT

A. Zum Problem der Gipfelflur	7
1. Die Entstehung der Gipfelflur	7
2. Die Höenschwankungen der Gipfelflur	7
3. Die Gipfelflurtreppe	8
4. Die Darstellung und Definition der Gipfelflur	10
B. Die Hüllfläche des Reliefs	11
1. Allgemeine Vorbemerkungen	11
2. Die Konstruktion der Hüllfläche	11
a) Die Darstellungsmethode	11
b) Die Wahl der Neigung	13
3. Die Definition der Reliefhüllfläche	17
4. Die Auswertung	18
a) Allgemeine Bemerkungen	18
b) Zur Charakterisierung der Gebirge durch die Reliefhüllfläche	18
c) Betrachtung spezieller Gebiete	20
Talcharakter und Krustenbewegungen	20
Talverlegungen im Bereich der Hauptwasserscheide	22
Talverlegungen innerhalb der Hauptabdachungen	24
d) Zusammenfassung	26
C. Die Oberfläche des Reliefsockels	27
D. Die Mächtigkeit des Skulpturreliefs (Reliefenergie)	29
E. Zusammenfassung	34
F. Literaturverzeichnis	36

A. ZUM PROBLEM DER GIPFELFLUR

1. DIE ENTSTEHUNG DER GIPFELFLUR

Mit dem Begriff Gipfelflur prägte A. Penck (1919) einen plastischen Ausdruck für eine Erscheinung, die bei Betrachtung der Alpen von einem fernen Standort oder einer Kulmination inmitten des Gebirges immer wieder auffällt: die Einordnung der höheren Berge zu einer leichtwelligen, gebirgsauswärts sinkenden Fläche. E. v. Mojsisovics (1879) hat diese Ausgeglichenheit der Gipfelhöhen auf einen Gleichgewichtszustand des Gebirges zwischen Abtragung und isostatischem Aufsteigen zurückgeführt. H. v. Staff (1912) sieht in ihr das letzte Anzeichen einer im Meeresniveau gebildeten, später gehobenen und zerstörten Peneplain. In geringer Modifikation dieser, unter dem Eindruck der Davis'schen Zyklentheorie entstandenen These, spricht S. v. Valkenburg (1918) die Auffassung aus, daß die Gruppierung von Gipfeln um eine bestimmte Höhe aus der fast vollständigen Vernichtung einer flachwelligen Landschaft hervorgegangen ist. Verflachungen in den Gipfelregionen sind letzte Merkmale dieser ursprünglichen Oberfläche.

Auch A. Penck bringt das Problem mit morphogenetischen Vorstellungen in Beziehung und entfacht durch seine Schrift „Die Gipfelflur der Alpen“ eine Diskussion, die bis heute noch keinen Abschluß gefunden hat. Er (und mit ihm A. Heim) deutet die Gipfelflur als aktuelle Abtragungserscheinung und macht für ihre Entwicklung die Ausbildung eines oberen Denudationsniveaus verantwortlich, über das ein Gebirge nicht aufzusteigen vermag (1886/87, 1919). Dagegen wendet sich ganz entschieden O. Lehmann (1922). Er weist besonders auf die Bedeutung der Denudation hin, die je nach Leistung des Flußgefälle und damit die Höhenlage des Gebirges bestimmt. Daß es keine obere Grenze der Gipfelhöhen geben kann, versucht auch F. Leyden (1924) zu belegen, indem er die indischen Randgebiete Hochasiens als Beispiel heranzieht. Dort besitzen die Gipfel bei gewaltiger Eintiefung der Täler Höhen, die das doppelte der alpinen ausmachen. Ebenso erhebt J. Sölch (1922, 1925) gegen die Deduktion Pencks Bedenken und macht darauf aufmerksam, daß selbst in den höchsten Teilen der Alpen die Talhänge von den Talgründen bis zu den Kämmen und Graten kaum jemals gleichmäßig steil ansteigen, wie das beim Vorhandensein eines oberen Denudationsniveaus vorausgesetzt werden muß, sondern auch durch Leisten und Gesimse gegliedert werden. Er sieht in der Konstanz der Gipfelhöhen das „Erbe eines uralten, langdauernd erstarrten Reliefs“ (1922, S. 188). Ähnlicher Meinung ist auch R. von Klebelsberg (1922, 1925). Nach seiner Auffassung entspricht die Gipfelflur einer nicht mehr nachweisbaren, alten Landoberfläche, genauer der Berührenden ihrer höchsten Erhebungen. Die Hochgebirgsformen sind die letzten Bestandteile dieses alten Reliefs.

2. DIE HÖHENSCHWANKUNGEN DER GIPFELFLUR

Die Häufung von Gipfeln um einen ausgezeichneten Wert ist aber nicht für das gesamte Gebirge charakteristisch, sondern meist nur auf eine bestimmte Region beschränkt. Von Gruppe zu Gruppe, seltener auch innerhalb dieser treten oft beträchtliche Höhenschwankungen auf. A. Penck (1924), W. Penck (1918) und F. Levy-Leyden (1922) führen sie auf einen Großfaltenwurf zurück, der erst nach der strukturellen Fertigstellung der Alpen wirksam wurde. Diese Großfaltung zerlegt das Gebirge in Längs- und Quersenkungen und ent-

sprechende Wölbungszonen. Nach A. Penck sind die Großsättel durch tiefeingeschnittene, steile Täler und scharfe Gipfel- und Gratformen, insgesamt also durch „Hochgebirgscharakter“ gekennzeichnet. In den Großmulden herrschen dagegen „Mittelgebirgsformen“, d. h. gerundete Gipfel und weite Täler vor.

Mit Hilfe zahlreicher Beispiele beweist aber R. v. Klebelsberg (1925), daß eine „Proportionalität zwischen Höhenlage der Gipfelflur und Ausprägungsgrad des Hochgebirgscharakters“ (1925, S. 376) nicht besteht. Ebenso läßt sich eine derartige Großfaltung weder aus den strukturellen Gegebenheiten noch durch Verfolgen von Verflachungssystemen in den großen Tälern erkennen. Sie müßte sich durch weiträumige Verbiegungen äußern. Unter dem Eindruck weiterer Forschungsergebnisse, besonders von geologischer Seite – Kautskys Nachweis jüngster Krustenbewegungen im Schwerebild der Alpen (1924) und Brinkmanns Vergleich von Lagerstättenstockwerken mit der Höhenlage der Gipfelflur (1928) – mildert er jedoch seine Stellungnahme und gesteht junge, großräumige tektonische Bewegungen für manche Alpentile zu (1935). Bedeutungsvoller für die Lage der Gipfelflur sind seiner Meinung nach aber die Lage zur Erosionsbasis (wobei Abweichungen durch die Wirksamkeit alter, heute nicht mehr oder kaum noch erkennbarer Erosionsbasen hervorgerufen werden), die Gesteinsbeschaffenheit und die Schichtlagerung.

Nach A. Heim (1922, 1927) kann unter Umständen der verschiedene Widerstand der Gesteine gegenüber der Verwitterung wesentlich sein. Er hält jedoch die Tiefe der Erosionsbasis und die Dichte der Talwege für bedeutungsvoller (vgl. dagegen Sölch, 1925). Mit Entschiedenheit weist Heim des weiteren darauf hin, daß zwischen der Gipfelflur und dem Gebirgsbau keinerlei Beziehungen bestehen und der von Penck angenommene Großfaltentwurf überhaupt nicht zu erkennen ist.

Besonders den petrographischen und strukturellen Verhältnissen räumt F. Machatschek (1922, 1926, 1928, 1938) die größte Bedeutung für die Entwicklung der Höhenunterschiede der Gipfelflur ein. Doch lehnt er die Gründe Heims (unterschiedliche Taldichte und Entfernung zur Erosionsbasis) nicht vollständig ab. Ebenso kann dem Höhen-Breiten-Verhältnis (Klebelsberg, 1925), d. h. der Gesamtböschung des Gebirges und einer Längs- und Querwellung eine gewisse Rolle für die Entstehung von Vertikalunterschieden zuerkannt werden. Im übrigen sieht er in der Gipfelflur das Ergebnis der rezenten Tal- und Hangentwicklung und weist, wie bereits Brückner (1923), die Auffassung Klebelsbergs als unzutreffend zurück, daß die Hochgebirgsformen Reste eines ältesten Reliefs seien.

3. DIE GIPFELFLURTREPPE

Bereits von A. Heim (1922), F. Leyden (1924), J. Sölch (1925) und R. Leutelt (1929) ist die Frage aufgeworfen worden, ob es sich wirklich um eine einheitliche Gipfelflur handelt oder nicht vielmehr um mehrere Niveaus, die sich gegenseitig durchdringen bzw. einander ablösen. M. Richter (1929) griff diesen Gedanken auf und entwickelte die Vorstellung von einer Gipfelflurtreppe. Nach ihm kann diese Treppe wegen der oftmals beträchtlichen Höhendifferenzen auf kurze Horizontalstrecke nicht aus der tektonischen Verbiegung einer einzigen, die gesamten Alpen umfassenden Gipfelflur entstanden sein, sondern nur durch Auflösung der verschiedenen Altflächensysteme. Die Zerstörung der Flächen resultiert aus der andauernden Hebung des Gebirges und dem fortschreitenden Einschneiden der Gerinne. Den Gesteinsunterschieden vermag Richter nicht jene Bedeutung beizumessen, wie dies von Seiten Machatscheks geschieht.

Einen Stockwerkbau als Grundlage der regional unterschiedlichen Höhenlage der Gipfelflur nimmt für einzelne kleine Gebiete auch S. O. Morawetz an (1930, 1950). Für den größten

Teil der Ostalpen postuliert er jedoch in Anlehnung an Schwinner (1923) die Entstehung der einzelnen Treppen durch Zerbrechen und Schiefstellen einer einstmals einheitlichen Fläche.

Eine Mehrgliedrigkeit der Gipfelflur befürwortet auch H. Annaheim (1943, 1946). Durch seine morphologischen Arbeiten in den Tessiner Alpen kommt er zu der Ansicht, daß die Gipfelflur in dem genannten Gebiet als dreifache Piedmonttreppe entwickelt ist. Voraussetzung für die Entstehung dieser Treppe ist ein ruckweises Heben der Alpen, wobei der Wölbungsscheitel in den Zentralalpen anzunehmen ist. Äquivalente der Piedmonttreppe sind in den Tälern Gefällsteilen, die wegen ihrer lediglich linearen Ausrichtung schneller zurückweichen konnten als die denudativ gestalteten Treppenränder. Abgesehen von Bedenken, die bezüglich der geologischen Grundlagen erhoben wurden (Kuhn und Vonderschmitt, 1953) ist auch, wie neuere morphologische Arbeiten zeigen, die allzu weitgehende Verallgemeinerung der Theorie vom Wandern der Gefällsteilen unzulässig.

An neueren Deutungsversuchen bzw. Stellungnahmen sollen nur noch diejenigen von H. P. Cornelius (1950) und A. Winkler-Hermaden (1957) Erwägung finden. Unter Bezugnahme auf die Thesen von Staffs und von Valkenburgs und in gewisser Anlehnung an sie kommt Cornelius zu dem Schluß, daß die Gipfelflur der Alpen noch ungefähr die Höhenlage der alten Landoberfläche darstellt, von der ausgehend sich die Formung des Gebirges bis zum heutigen Tag vollzog. Die Ausgangsform sei ein Hügelland bis Mittelgebirge gewesen, dessen Reste uns heute als höchste Altflächen entgegentreten. Die Gliederung in Treppen kann durch flächenhaftes Eingreifen jüngerer Abtragungsniveaus entstanden sein. Das Vorhandensein einer Gipfelflurtreppe unterstreicht auch Winkler-Hermaden. Seines Erachtens ist die Gipfelflur aus einem mittelmiozänen, „stärker unterjochten, niedrigen Mittelgebirge“ (1957, S. 738) hervorgegangen. Ihre unterschiedliche Höhenlage bzw. ihre Treppung führt er auf die modifizierend wirkende pliozäne bis quartäre Denudation zurück.

Den hier nur sehr kurz skizzierten Theorien über das Wesen der Gipfelflur und den daran geknüpften morphogenetischen Erörterungen wäre mancherlei Kritisches hinzuzufügen. Das ist aber nicht Zweck der vorliegenden Arbeit. Es wurde auch keine Vollständigkeit der Darstellungen, die sich mit diesem Problem befassen, angestrebt, sondern nur die wesentlichsten Arbeiten zitiert. In diesem Zusammenhang sei auf die Dissertation von E. Bremer hingewiesen, worin die Arbeiten bis zum Jahre 1933 eine Würdigung erfahren und der Versuch einer vergleichenden Kritik unternommen wird.

Um das Ergebnis aus allen aufgezählten Thesen zusammenzufassen, kann man sagen: Es erweist sich, daß wichtige Probleme der Gipfelflur, so die Frage, ob eine ererbte Form, d. h. ein Vorzeitrelikt mit mehr oder weniger starker Bindung zum Stockwerkbau des Gebirges vorliegt, oder eine aktuelle Abtragungserscheinung, also eine rezente Arbeitsform, ob eine einheitliche Gipfelflur mit mehr oder minder großen Höhenschwankungen vorhanden ist oder eine Gipfelflurtreppe, bis heute nicht mit hinreichender Sicherheit zu beantworten sind. Unklar ist auch die Bedeutung der einzelnen Komponenten, welche zur Ausbildung der Gipfelflur bzw. der Gipfelflurtreppe geführt haben. Alle tatsächlich vorgebrachten Auffassungen sind jeweils stets auf Widerspruch gestoßen und haben immer wieder zu neuen Deutungsversuchen Anlaß gegeben. Solange aber die Grundfragen der Entstehung der Gipfelflur keine ausreichende Beantwortung erfahren haben, erscheint es nicht sehr sinnvoll weitreichende Folgerungen daran anzuschließen. Es ist überhaupt fraglich, ob eine befriedigende Klärung der oben angedeuteten Frage bei den komplexen und vielgestaltigen Vorgängen, die an der Formung des Alpenkörpers mitwirkten, in nächster Zeit gefunden werden kann. Denn die einzelnen Faktoren sind in ihrer Quantität entweder unbekannt oder erst mangelhaft erforscht.

Damit soll die Vorstellung der Gipfelflur nicht einfach abgelehnt werden. Obwohl Leyden (1924) und Behrmann (1933) das Vorhandensein einer Gipfelflur in Zweifel ziehen und betonen, daß diese Erscheinung oft mehr eine Frage von Blickwinkel und Abstand, d. h. der Perspektive, als eine tatsächliche Gegebenheit ist, ist sie sicherlich in manchen Alpentteilen anzutreffen. Der Begriff sollte aber lediglich als beschreibender Ausdruck für die Höhengleichheit der Gipfel eines Gebietes verwendet werden.

4. DIE DARSTELLUNG UND DEFINITION DER GIPFELFLUR

Ähnlich schwierig wie die Klärung der mit dem Problem der Gipfelflur zusammenhängenden Fragen ist die graphische Darstellung dieser Fläche. Bisher ist noch kein einwandfreies Verfahren entwickelt worden. Die meisten aller Versuche [Staff (1912), Valkenburg (1918), Leyden (1921, 1922), Machatschek (1922), Preiswerk (1925), Aigner (1926), Krebs (1928), Brinkmann (1928)] werden als zu unbestimmt abgelehnt (Richter, 1929). Das liegt in der Konstruktionsmethode begründet. Im Grunde genommen wird bei allen Entwürfen von dem gleichen Prinzip ausgegangen. Es werden ohne Rücksicht auf die Eintiefungen die jeweiligen Höchsterhebungen des Gebirges durch Isolinien miteinander verbunden. Zwischengeschaltete, niedere Gebirgsteile bleiben unberücksichtigt. Das bedeutet, eine Schematisierung des wahren Isohypsenbildes in größtem Umfang. Da aber jede Generalisierung einer Karte Mängel aufweist, so müssen sie bei dieser Methode zwangsläufig besonders groß sein. Denn dem persönlichen Ermessen ist in der Entscheidung, welche Erhebungen zur Konstruktion herangezogen werden sollen und welche nicht, ganz besonders aber bei der Verbindung der Höhenlinien über Lücken hinweg ein großer Spielraum gelassen. Deshalb ist es nicht verwunderlich, wenn eine Gegenüberstellung von Karten der Gipfelflur, z. B. der von Valkenburg, Leyden, Preiswerk und Annaheim für die Tessiner Alpen und von Leyden und Aigner für die östlichen Zentralalpen, sehr ungleiche Ergebnisse geliefert haben. Ob daher eine so weitgehende Auswertung einer Karte, wie sie von Annaheim (1946) vorgelegt wird, ihre Berechtigung hat und auf andere Teile der Alpen zu übertragen ist, möchte bezweifelt werden. Dazu kommt noch, daß Annaheims Grundvorstellung einer dreifachen Abstufung der Gipfelflur in seiner Skizze keineswegs deutlich zum Ausdruck kommt.

Im Grunde darf man den Großteil aller auftretenden Schwierigkeiten bei der Behandlung des Gipfelflurproblems und seiner kartenmäßigen Darstellung auf das Fehlen einer scharf umrissenen Definition zurückführen. A. Penck bestimmte die Gipfelflur als jene Fläche, welche die höchsten Aufragungen eines Gebirges berührt. Sinngemäß entspricht dem die Festlegung Brinkmanns (1928) als Tangentiale über den jeweils höchsten, selbständigen Gipfeln und Klebelsbergs (1925) als „konstruktive Verbindungsfläche annähernd gleich hoher Gipfelpunkte“ einzelner Gebiete. A. Heim (1922) bezeichnet sie als „Mittlere Höhe der höchsten Gipfel“, wobei er, um nicht in Schwierigkeiten zu geraten, die die durchschnittliche Höhe einer Gruppe durchbrechenden Aufragungen (z. B. Säntis, Glärnisch, Tödi, Monte Viso) aus seinen Betrachtungen ausschaltete. Diese Formulierungen können jedoch lediglich als unfertige Ansätze zu einer begrifflichen Fassung angesehen werden. Wesentliche Punkte, beispielsweise die Frage, welche Gipfel bei der Darstellung zu berücksichtigen sind und welche außer Acht gelassen werden sollen, des weiteren wie die Fortsetzung der Fläche über Lücken hinweg erfolgen soll, bleiben ungeklärt.

Insgesamt läßt sich feststellen, daß wegen all dieser Unsicherheiten die Gipfelflur als Arbeitsgrundlage zur Gewinnung von Hypothesen über die Gestaltung des Abtragungsreliefs ungeeignet ist.

B. DIE HÜLLFLÄCHE DES RELIEFS

1. ALLGEMEINE VORBEMERKUNGEN

Nachdem durch H. Louis (1957, 1960) der Begriff des Reliefssockels als der unteren Begrenzungsfläche eines Skulpturreliefs in die Geomorphologie eingeführt wurde, gleichzeitig eine erste Erläuterung und Auswertung erfahren hat und dadurch weitere Möglichkeiten zum Erfassen der klimageomorphologischen Zonen der Erde und zum Herausarbeiten wesentlicher Merkmale des Abtragungsreliefs aufgezeigt wurden, scheint es in Ergänzung dieser Anregungen interessant, den Versuch zu unternehmen, eine obere Begrenzungsfläche des Reliefs zu finden, um damit den eigentlichen Abtragungsraum quantitativ erfassen zu können. Diese Fläche soll zudem ähnliche Aussagen gestatten wie der Reliefssockel und soll diese nach Möglichkeit ergänzen. Der Gipfelflurbegriff kann wegen seiner Unschärfe für diesen Zweck nicht in Frage kommen. Es besteht deshalb die Aufgabe, eine neue Begrenzungsfläche zu finden, die sich, soll sie allgemein anwendbar sein, durch leichte Konstruierbarkeit auszeichnen muß. Außerdem soll bei ihrer Erarbeitung der subjektive Faktor so weit wie möglich ausgeschaltet werden. Die neue Fläche muß auf jeden Fall eindeutig geometrisch definiert sein. Außerdem soll sie aber auch durch die Eigenart ihrer Beziehungen zum heutigen Relief Aussagemöglichkeiten über die morphologische Entwicklung des zu bearbeitenden Gebietes eröffnen. In Analogie zur Oberfläche des Reliefssockels soll diese neue Fläche Reliefhüllfläche oder kurz Hüllfläche genannt werden.

2. DIE KONSTRUKTION DER HÜLLFLÄCHE

a) Die Darstellungsmethode

Bei der Erarbeitung der oberen Bezugsfläche müssen und können nur die höchsten Kulminationen die Ausgangsbasis bilden, denn sie sind das natürliche und eindeutige Netz der Höchstpunkte. Indem wir dies festhalten, treten uns aber bereits die ersten Schwierigkeiten entgegen. Es erhebt sich nämlich die Frage, in welchem Höhenintervall oder in welchem Umkreis die Gipfel einer Berggruppe als höchste zu gelten haben und inwieweit alle Erhebungen in dieser Spanne, besonders wenn es sich nur um einen unscheinbaren Schulter- oder Nebengipfel einer höheren Masse handelt, als Grundlage der Konstruktion dienen sollen. Des weiteren ist zu klären, wie im einzelnen mit den zwischen den Höchsterhebungen liegenden niederen Reliefteilen zu verfahren ist.

Man kann hier entsprechend zu dem bei der Konstruktion des Reliefssockels angewandten Verfahren vorgehen. Dort wird eine Tangentialfläche von unten an die Tiefenlinien der Taleinschnitte gelegt mit der Bestimmung, daß diese Fläche von dort, wo das Talgefälle einen bestimmten Grenzwert, nämlich $10^0/_{00}$, überschreitet, ebenso auch zwischen den Tallinien, mit dieser festgelegten Neigung von $10^0/_{00}$ bis zum Zusammentreffen mit der vom Nachbartale her konstruierten Fläche fortgesetzt wird.

Für die Reliefhüllfläche ergibt sich in Analogie hierzu folgendes: Den Ausgangspunkt bildet die Kulmination einer Berggruppe. Von ihr wird eine bestimmte und zwar möglichst flache, konstant bleibende Abdachung, nämlich die Böschung, die man der Reliefhülle zu-

billigen will, ähnlich wie der Oberfläche des Reliefsockels eine bestimmte Maximalböschung zugemessen wurde, nach allen Seiten ausgehend gedacht. Diese Fläche kann graphisch als Serie konzentrischer Höhenlinien-Kreise dargestellt werden. Wie in jeder Isolinkarte werden nur die Werte mit abgerundeter Höhenzahl dargestellt. Das bedeutet, daß beispielsweise bei der Schesaplana, dem höchsten Berg des Rätikon (2964 m), als erster Kreis der in 2900 m Höhe gezeichnet wird. Die weiteren folgen in einem Vertikalabstand von je 100 m, also bei 2800, 2700 usw. (Im übrigen wird sich natürlich die Größe der Äquidistanz nach dem Maßstab richten, in dem die Karte entworfen wird.)

Um die Höchsterhebungen ergibt sich somit eine Hülle, die die Form eines Kegelmantels besitzt.

In den Alpen ordnen sich die Gipfel fast immer einer größeren Einheit, einer Kette unter, d. h. es gehen von der Kulmination Kämme und Grate nach verschiedenen Richtungen aus, die in ihrem Verlauf einen oder mehrere Nebengipfel tragen. Je nach der Vertikaldifferenz zwischen dem höchsten Punkt und den benachbarten niederen Erhebungen sowie deren Entfernung von ihm, werden die Nebengipfel teilweise unter den Hüllkegel des Hauptgipfels zu liegen kommen, teilweise ihn berühren oder aber darüber aufragen. Gemäß der Aufgabe, eine Berührungsfläche zu erstellen, die das Relief von oben her tangiert, darf kein Gipfel über sie emporragen, er kann sie allenfalls berühren. Alle Gipfel, die unter dem Hüllkegel des Hauptgipfels liegen, bleiben dementsprechend für die weitere Konstruktion der Reliefhülle außer Betracht. Aber diejenigen, die über den mit zunehmendem Abstand vom Hauptgipfel immer niedriger werdenden Kegelmantel aufragen, erhalten einen eigenen Kegelmantel der gleichen Art. Je nach der Distanz vom Hauptgipfel, genauer: soweit dessen Umhüllung nicht mehr wirksam ist, sind nun ihre Mäntel für mehr oder weniger große Bereiche bestimmend.

Die benachbarten Kegelmäntel müssen sich immer irgendwo schneiden und zwar liegt die Schnittlinie zweier solcher Hüllkegel zwischen zwei benachbarten Gipfeln um so näher an dem niedrigeren, je größer die Höhendifferenz zwischen beiden Erhebungen ist. Durch das Aneinanderreihen von Mantel an Mantel und das durchgehende Verbinden der Kreise mit gleichem Höhenwert – infolge der Verschneidung der Hüllen handelt es sich natürlich um Kegelschnitte – ergibt sich allmählich Form und Höhenlage der oberen Begrenzungsfläche der Berggruppe und durch Behandlung einer Gruppe nach der anderen die Reliefhüllfläche des Gebirges.

Wird beim Erstellen der Hüllfläche auf diese Art und Weise verfahren, dann ist geklärt, welche Gipfel zur Konstruktion heranzuziehen sind. Ebenso ist vorausbestimmt, wie die Hüllfläche über größere Lücken hinweg weitergeführt werden soll und welche tieferen Geländeteile berücksichtigt werden müssen. Damit wird die Forderung einer leichten und eindeutigen, von persönlichem Ermessen unabhängigen Darstellungsmöglichkeit erfüllt. Es ist aber noch zu prüfen, ob es möglich ist, eine Verbindung von dieser rein geometrischen Abstraktion zur geographischen Wirklichkeit herzustellen.

Dadurch, daß für die Konstruktion der Reliefhüllfläche die im obengenannten Sinne höchsten Gipfel herangezogen werden, können wir hoffen, ein angenähertes Bild von den Richtungsverhältnissen einer sehr alten Abdachung der Alpenoberfläche zu erhalten. Höchste Gipfel eines Gebirges dürften wohl in der Regel an wichtigen Stellen von Wasserscheiden sitzen. Es ist anzunehmen, daß sie ihre Position auch bei erheblichen Unterschieden der Abtragungsintensität auf verschiedenen Seiten ihrer Flanken selbst bei sehr großen Absolutbeträgen solcher Abtragung nicht allzusehr in der Horizontalen verlagern. Aus diesem Grunde ist zu erwarten, daß aus den gegenseitigen Lageverhältnissen solcher benachbarter Höchstgipfel Hinweise auf altangelegte Talrichtungen zu entnehmen sind, auch dann,

wenn von dem einstigen Relief, in dem jene Täler vorhanden waren, in Wirklichkeit kein einziges Flächenstück mehr vorhanden ist.

Die heutigen Täler selbst können uns eine derartige Vorstellung nicht vermitteln. Denn sie sind teilweise recht jung und z. B. als Engtäler mit kaum gegliederten, steil aufsteigenden Talflanken ausgebildet. Sie bringen dann in bezug auf die alte Morphogenese eines bestimmten Krustenteils oft kaum etwas Greifbares mehr zum Ausdruck. Oder sie weisen zwar in ihren Querprofilen einen Wechsel von steileren und flacheren Hangpartien auf, die uns die Kenntnis von einer Folge von Eintiefungsphasen vermitteln. Bei der Parallelisierung derartiger Querprofile in räumlicher und zeitlicher Hinsicht erwachsen aber der alpinen Morphologie bekannter Weise größte Schwierigkeiten, so daß Rekonstruktionsversuchen, die sich über größere Räume erstrecken, bedeutende Unsicherheiten anhaften.

Ein sehr wichtiger Faktor kommt aber durch die unstetigen Talquerschnitte zum Ausdruck, nämlich die Tatsache der Erhaltung alter Formen in der Höhe. Noch viel deutlicher tritt uns diese in den großen Hochflächen der nordöstlichen Kalkalpen entgegen. Solche Verflachungen in der Höhe fehlen bekanntlich auch fast keiner anderen Berggruppe der Alpen. Über deren Flachrelief ragen die Gipfel noch mehr oder weniger hoch auf. Sie sind als Unebenheiten bereits auf jener ehemaligen Alpenoberfläche angelegt worden und haben sich trotz aller Umwandlungen des Flußnetzes von den sicherlich einstmals einfachen Abdachungsflüssen zum heutigen komplizierten Entwässerungssystem in den Grundzügen ihrer Anordnung größtenteils erhalten.

Wenn daher von den Gipfeln ausgehend flache Hüllkegel gezeichnet werden, dann kommt man der Richtung der alten Abdachung wahrscheinlich nahe. Wenn mehrere Höchstgipfel im vorgenannten Sinne auf kleinem Raum vorhanden sind, dann läßt sich diese Richtung mit ziemlicher Sicherheit erschließen. Denn dadurch, daß um die Gipfel flache Kegelmäntel gelegt werden, die sich in einer bestimmten Höhe verschneiden, entstehen Talungen auf der Hüllfläche. Man erhält so eine vom Taltiefsten unabhängige Vorstellung von der gegenseitigen Lage der benachbarten Hochgipfel und von der Richtung, in der zwischen ihnen die alten Tiefenlinien mit großer Wahrscheinlichkeit entwickelt gewesen sind. Dieses Prinzip kann allerdings durch die Gesteinswiderständigkeit, die Gesteinslagerung und durch die Tektonik modifiziert werden. Bei einer Interpretation der Formeneigentümlichkeiten der Reliefhüllfläche müssen daher diese Faktoren gleichfalls Berücksichtigung finden.

b) Die Wahl der Neigung

Inwieweit die feinere Gliederung des Reliefs ihren Ausdruck in der Hüllfläche findet oder nicht, entscheidet ein einziger Faktor, die Neigung, mit der von den höchsten Erhebungspunkten ausgegangen wird.

Bei großer Neigung der Hüllfläche wird diese zu einer ziemlich eng anliegenden Überkleidung des tatsächlichen Reliefs. Sinkt der Neigungswinkel auf Null, so hat die Fläche mit dem Relief fast nichts mehr zu tun. Sie wird zur Niveaufläche in der Höhe des höchsten Gipfels.

Wir sehen die Aufgabe der Reliefhüllfläche darin, daß sie in exakter Form eine Vorstellung von gewissen allgemeinsten Zügen der Höhenanordnung geben soll. Sie soll also das leisten, was der Begriff Gipfelflur aus Mangel an Präzision nicht leisten konnte. Deswegen fordern wir, daß Formen, die zweifellos Skulpturformen, genaugenommen Ergebnisse der aktuellen Abtragungsvorgänge sind, nur so weit Einfluß auf die Gestalt der Hüllfläche gewinnen, wie sie Maß und Anordnung der Höchstkulminationen mitbestimmen. Die Reliefhüllfläche darf andererseits das Gebirge nicht zu großzügig überspannen, weil sie sonst nur

noch wenig Aussagekraft besitzt. Der Wahl ihres Neigungswertes kommt daher eine besondere Bedeutung zu.

Bei Betrachtung der Alpen können wir von folgender Überlegung ausgehen. In seinem Erscheinungsbild wird das Gebirge von merklichen bis zu steilen, häufig jedoch auch von sehr steilen Hängen bestimmt. Um die großen Züge der Anordnung der Kulminationen erfassen zu können, wird es notwendig sein, als Untergrenze für den Betrag der Neigung mindestens einen Winkel anzunehmen, bei dem eine geneigte Fläche schon als Hang bezeichnet werden kann.

Es vollzieht sich auf Böschungen von 2° , wie Büdel (1948) näher darlegte, in der Frostschutt- und Tundrenzone der Polarländer der Übergang von Mikrosolifluktion zu Makrosolifluktion, die Bodenumlagerung am Ort wird zu einer Bodenbewegung hangabwärts, es beginnt also die denudative Formung des Landes dort bei 2° ($35^\circ/100$) Neigung. In den Alpen zeigen die Polygone und Ringe der Frostmusterböden aber erst um 5° Veränderungen, die auf Abwärtsbewegungen hindeuten (Verzerrung zu elliptischen Formen). Bei Hangneigungen über 5° entstehen zur Falllinie parallele Steinstreifen (Furrer, 1955).

Neigungsbeträge zwischen 4° und 6° (70 – $105^\circ/100$) sind hiernach in den Alpen mit Sicherheit als flache Hänge zu bezeichnen. Wenn deshalb die Reliefhüllfläche mit einer Neigung von 5° entworfen wird, dann entsteht ein Bild, das nach den vorhergehenden Überlegungen aller Wahrscheinlichkeit nach Schlüsse auf die Abdachungsrichtungen einer viel älteren Gebirgsoberfläche erlaubt.

Eine Möglichkeit, die zwar in den Alpen nicht verwirklicht ist, die aber bei Anwendung der Hüllflächenkonstruktion auf andere Gebirge berücksichtigt werden muß, ist das Auftreten von jungen Aufbauten in der Gipfelregion. Es gibt bekanntlich Vulkane, die jung aufgeschüttet wurden und die insbesondere zu Zeiten der ersten Anlage des Flußnetzes dieser Gebirge noch nicht existierten. Sie müssen als Berührungspunkte beim Erstellen der Hüllfläche außer Betracht bleiben, wenn man aus der Hüllfläche Aussagen über alte Talrichtungen gewinnen will. Diese Ausnahmeregel bedeutet keine Durchbrechung des Konstruktionsprinzips der Reliefhüllfläche.

Wir wollen beim Suchen nach einer geeigneten Neigung der Reliefhüllfläche empirisch vorgehen.

Wir versuchen zunächst die Konstruktion mit $50^\circ/100$ ($2,86^\circ$) auszuführen, um festzustellen, ob dieser Wert unseren Anforderungen bereits genügen kann, ob er ein aufschlußreiches Bild der Hüllfläche ergibt und Hinweise auf eine alte Verteilung von Höhenzügen und Tiefenlinien liefert. Da es sich zunächst nur um einen Versuch handelt, der der Ermittlung eines günstigen Zahlenwertes dient, wird lediglich für den Südwest-Teil des westlichen Blattes die Konstruktion der Hüllfläche mit der Neigung von $50^\circ/100$ vorgenommen (Deckblatt I). Bei der Besprechung der Leistungsfähigkeit des Neigungswinkels von $50^\circ/100$ werden jedoch nicht nur Beispiele aus dem Gebiet des Deckblattes, sondern wahlweise auch aus anderen Teilen des westlichen und östlichen Blattes erörtert werden. Aus Gründen des Arbeitsaufwandes mußte auf die Beigabe aller dieser Beispiele in Kartenform verzichtet werden.

Der Versuch führt zu folgenden Resultaten: Die Kulminationen machen sich bei einem Neigungswinkel von $50^\circ/100$ durch eine außerordentlich große Fernwirkung bemerkbar. So bestimmt der Mont Blanc die Höhenlage der Hüllfläche im Westen und Nordwesten bis über den Lac de Bourget und den Genfer See hinaus. Dabei erreicht die Reliefhüllfläche dannoch nicht einmal die Erdoberfläche, sondern verschneidet sich hoch über ihr mit der Hüllfläche des Schweizer Jura. Die Gipfel der Monte Rosa-Gruppe sind noch in 90 km Entfernung in der Poebene, also etwa bis Novara und Vercelli wirksam. Im Osten treten die ersten Berührungspunkte mit der Erdoberfläche jenseits des Val Antigorio auf. Jungfrau,

Mönch und Eiger dehnen ihren Wirkungsbereich bis weit in das Schweizer Mittelland hinein aus. Erst westlich von Bern, also in über 70 km Entfernung, erreicht die Hüllfläche die Erdoberfläche.

Das für die geologisch-tektonische und die orographische Gliederung der Alpen so wichtige Veltlin wird, hervorgerufen durch die überragende Höhe des Monte Disgrazia (3678 m), in seinem unteren Teil ohne Andeutung seiner Existenz von dessen Hüllfläche überspannt. Im oberen Teil kommt es durch den Piz Bernina (4049 m) auf der Reliefhüllfläche zu einer weiten Verlagerung der Andeutung der Talfurche der Adda in die Bergamasker Alpen. Außerdem wirkt sich der Piz Bernina auf das Bergell und das oberste Engadin ebenso aus wie der Monte Disgrazia für das untere Addatal. Diese Talzüge kommen auf dieser flachgeneigten Reliefhüllfläche überhaupt nicht zum Ausdruck. Sie müssen aber in einem verallgemeinernden Oberflächenbilde des Alpenkörpers unbedingt in Erscheinung treten, da sie Grundzüge der orographischen Gliederung des Gebirges darstellen.

Diese Beispiele, welche lehren, daß $50^{\circ}/_{00}$ als Neigungswinkel der Reliefhüllfläche zu gering sind, stellen Extremfälle dar. Es ergibt sich aber beispielsweise auch für das Rheinwaldhorn (3402 m) in den Adula-Alpen und für das Fluchthorn (3398 m) in der Silvretta-Gruppe, also für Gipfel, die die anderen Erhebungen der gleichen Gruppe kaum überragen, ein Gebiet mit einem Radius von teilweise 15 bzw. 12 km, in dem die Hüllfläche keinen Berührungspunkt mit der Erdoberfläche aufzuweisen hat. Wenn auch der physiognomische Eindruck dieser Erhebungen in bedeutender Entfernung noch sehr gewaltig sein kann, so ist doch ihre morphologische Wirkung, z. B. als Lieferanten beträchtlicher Denudations- und Wassermassen und als Nährgebiete großer Gletscher die ihrerseits die Talform beeinflussen, nicht so weitreichend. Große Gebiete mit eigenständiger Entwicklung im Gebirge liefern also bei dieser $50^{\circ}/_{00}$ geneigten Hüllfläche keine Beurteilungsmöglichkeiten, weil sie nicht bis zu dieser Hüllfläche emporreichen und weil deshalb die Konstruktionspunkte fehlen.

Ähnlich nachteilig wie die überragenden Kulminationen wirken sich dem Alpenrand nahegelegene, hohe Gipfel aus (z. B. der Säntis). Sie verursachen ein weites Übergreifen der Hüllfläche über die morphologische Alpengrenze hinaus.

Wie bereits angedeutet, bewirken die hochaufragenden Gipfel bei dieser Konstruktion teilweise noch in großer Entfernung eine starke Verschiebung der Talzüge der Reliefhüllfläche gegenüber dem tatsächlichen Talnetz. Nun ist zwar durch die Forschung allgemein bekanntgeworden, daß das Flußnetz in den Alpen im einzelnen weitgehende Umgestaltungen erfahren hat. Seitliche Verlagerungen der Tiefenlinien von Tälern gegenüber der ursprünglichen Anlage sind durchaus möglich. Im Erscheinungsbild der Hüllfläche können Hinweise auf ehemalige Talzustände angedeutet sein, wenn z. B. durch asymmetrisches Einschneiden eine seitliche Verlagerung der Tiefenlinie eines Tales hervorgerufen worden ist. Das Bild der Reliefhüllfläche ist aber bei $50^{\circ}/_{00}$ Neigung noch zu ungegliedert, um größere Ausdeutungsversuche anknüpfen zu können, eben weil die Zahl der Konstruktionspunkte noch unzureichend ist. Eine Neigung der Hüllfläche von $50^{\circ}/_{00}$ erweist sich hiernach als zu gering.

Bei einer Konstruktion der Hüllfläche mit $75^{\circ}/_{00}$ ($4,3^{\circ}$) (Deckblatt II) ergibt sich, daß die Kegelmäntel der extrem hohen Berührungspunkte (Mont Blanc, Grand Combin, Weißhorn, Dom, Monte Rosa u. a.) in ihrer Ausdehnung eine bedeutende Reduktion erfahren. Es werden in den benachbarten Gebirgstteilen große Bereiche frei und sie liefern eine große Anzahl neuer Berührungspunkte auf der Hüllfläche. Zu ihnen gesellen sich weitere auf den schon vorher wirksamen Gebirgsketten. Das Hinzutreten neuer Punkte ist von großer Wichtigkeit, da hierdurch die Reliefhüllfläche an Einzelzügen und damit stark an Aussage-

kraft gewinnt. Vor allem sind nun Zufälligkeiten der Form der Hüllfläche ausgeschaltet, wie sie sich z. B. durch besonders rasche Denudation eines einzelnen Gipfels oder im anderen Extremfall durch außergewöhnlich langsamen Abtrag einstellen könnten. Wenn nämlich mehrere Gipfel eines kleinen Gebietes die Lage der Hüllfläche auf eine bestimmte Höhe festlegen, so dürften derartige Bedenken hinfällig sein.

Für einige, auf dem Deckblatt II erfaßte Teile der Schweizer Alpen erscheint der Neigungswert von $75^0/_{00}$ aber doch noch nicht ausreichend (Walliser Alpen, Berner Alpen, Mont Blanc, Bernina-Gruppe, Säntis). Es bestimmen z. B. der Mont Blanc teilweise noch in 40 km, die Monte Rosa-Gruppe im Südosten in über 60 km, der Piz Bernina bis etwa 20 km Entfernung die Höhenlage der Reliefhüllfläche. Auch der Hohe Göll und der Dachstein sind im Norden bis Salzburg bzw. bis Bad Ischl, d. h. fast auf 20 km Entfernung noch für die Lage der Hüllfläche bestimmend.

Dennoch kommt mit der Neigung von $75^0/_{00}$ für weite Teile der Alpen bereits ein ausdrucksvolles Hüllflächen-Bild zustande, besonders für Gebiete mit weniger großen relativen Höhenunterschieden (z. B. für die Tessiner-, Allgäuer- und Lechtaler Alpen und für die Silvretta-Gruppe). Hier ist die Lage der Tiefenlinien auf der Reliefhüllfläche und im Gelände durch weitgehende Parallelität gekennzeichnet. Nachteilig erweist sich allerdings noch, daß die Tiefenlinien über dem großen Längstalzug der Rhone von Gletsch bis Martigny beiderseits des Tales nur von wenigen Punkten in ihrer Lage bestimmt wird, auf längere Erstreckung jedoch nur durch Fernwirkung hoher Erhebungen zustande kommt. Aussagen über diese Tiefenlinie erfahren aber erst eine Fundierung, wenn der Verlauf der Tiefenlinie durch nahe Bezugspunkte fixiert ist.

Zusammenfassend läßt sich für die Neigung der Hüllfläche von $75^0/_{00}$ feststellen: Für große Teile der Alpen ist sie ausreichend. Für andere, besonders für solche mit sehr großen Vertikaldifferenzen reicht sie noch nicht ganz aus. Sie stellt ungefähr das Mindestmaß dar, das bei der Konstruktion der oberen Begrenzungsfläche in den Alpen angewandt werden muß.

Um bei den maximalen Erhebungen den Wirkungsbereich auf der Reliefhüllfläche dem unmittelbaren morphologischen Einflußbereich dieser Erhebungen anzupassen, wird die Konstruktion nun noch einmal mit $100^0/_{00}$ ($5,6^\circ$) (westl. und östl. Blatt der Karte) ausgeführt. Wiederum ist ein bedeutender Zuwachs an Berührungspunkten zu verzeichnen. Die bei $75^0/_{00}$ festgelegten Grundzüge werden stärker im Detail erfaßt und erfahren teilweise eine Präzisierung. Jetzt treten z. B. auch beiderseits des Rhonetales Bezugspunkte auf. Die Wirkungsradien sind weiter verkürzt worden. Trotzdem ist der Mont Blanc im Nordwesten, die Monte Rosa-Gruppe im Südosten in 35 km und die Jungfrau im Westen in 25 km Entfernung noch im Hüllflächenbild ausschlaggebend. Die Verwendung noch höherer Promillewerte könnte vielleicht nochmals die eine oder andere Verbesserung bringen. Sie ist dennoch nicht mehr empfehlenswert. $100^0/_{00}$ stellen für die Reliefhüllfläche eine Art Obergrenze dar. Denn Böschungen von 6° und mehr sind in den Alpen, wie jede topographische Karte größeren Maßstabs erkennen läßt, schon ziemlich weit verbreitet. Damit entsteht die Gefahr, daß bei der Erstellung der Hüllfläche mit größerem Neigungswinkel bereits Kleinformen Aufnahme finden. Das aber würde dem eigentlichen Zweck der Reliefhüllfläche widersprechen.

Bei einem Vergleich des Formenbildes der Reliefhüllfläche von 75 und $100^0/_{00}$ lassen sich folgende Resultate ermitteln:

1. Wie erwähnt, nimmt zwischen den beiden Neigungswerten die Zahl der Berührungspunkte stark zu. Bei näherer Betrachtung ergibt sich aber, daß die neuen Punkte nur eine geringe Modifikation der Hüllflächenform mit sich bringen, daß die Grundzüge aber durchaus bestehen bleiben.

2. Die freiwerdenden Überdeckungsräume der Hüllkegel der hohen Gipfel sind im Gegensatz zu der Erhöhung von 50 auf 75‰ relativ klein, so daß verhältnismäßig wenig neue Formenelemente Aufnahme in der Gestalt der Hüllfläche finden. Zum anderen umfassen diese neu hinzukommenden Teile überwiegend die obersten Abschnitte der Täler. Bei der Großzügigkeit, mit der die Reliefhüllfläche das Gelände überlagert, können hiernach keine wichtigen neuen Aussagen erwartet werden.
3. Die Wahl einer zwischen 75 und 100‰ liegenden Neigung ist deshalb mehr eine Maßstabsfrage. Um die Lesbarkeit von Darstellungen kleinen Maßstabs, etwa von 1 : 1 000 000 an abwärts, nicht zu beeinträchtigen, empfehlen sich niedrigere Neigungsbeträge der Hüllfläche. Bei regionalen Arbeiten größeren Maßstabs wird man dagegen höhere wählen.
4. Damit wird deutlich, daß es einen Spielraum des optimalen Neigungsbetrages gibt. Werte innerhalb des Bereichs von 75 bis 100‰ ergeben ähnliche Formenbilder und ungefähr gleiche Aussagemöglichkeiten. Dies dürfte bei der Bearbeitung eines Gebietes durch mehrere Autoren zweifellos von großem Vorteil sein. Daß sich der bevorzugte Bereich zwischen 75 und 100‰ befindet, bestätigt die Richtigkeit der zunächst deduktiv angenommenen Werte von $4-6^\circ$.

Bei den dieser Arbeit beigegebenen Karten der Hüllfläche wurde eine Neigung von 100‰ zugrunde gelegt, weil das südliche und westliche Gebiet des westlichen Blattes bekanntlich derjenige Teil der Alpen mit den größten relativen Höhenunterschieden ist, und weil bei dem Entwurf im Maßstab 1 : 500 000 noch gute Übersichtlichkeit gewährt schien. Bei der Darstellung der außerdem behandelten Gebiete empfahl es sich natürlich, diesen Wert beizubehalten, um gute Vergleichbarkeit zu gewährleisten.

Hiermit wäre die Konstruktionsmethode einer oberen Begrenzungsfläche des Reliefs am Beispiel der Alpen dargelegt. Die Übertragung dieser Darstellungsmöglichkeit auf andere Hochgebirge oder auf Räume mit anderem Relieftypus, also auf Mittelgebirge, Berg- und Hügelländer bietet keinerlei Schwierigkeiten. Es wird sich lediglich darum handeln, den jeweils günstigsten Neigungswert der Reliefhüllfläche durch Versuche zu ermitteln. Wahrscheinlich wird er in einem Mittelgebirge oder gar einem Hügelland unter dem der Alpen liegen. Um auch hier schon Anhaltspunkte zu gewinnen, außerdem auch um einen Vergleich des Hüllflächenbildes in den Alpen und im Mittelgebirge zu haben, wurde der Schweizer Jura teilweise in die Darstellung einbezogen. Es stellt sich heraus, daß Beträge um 75‰ ausreichen dürften, um die Großformen im Jura erfassen zu können. Bei höheren Gefällswerten treten schon ziemlich große Gebiete auf, in denen Reliefhüllfläche und Erdoberfläche fast identisch sind. Analog zum Jura wird auch für die deutsche Mittelgebirgsschwelle wahrscheinlich ein Wert um 75‰ genügen. Doch wären hierzu weitere Versuche notwendig.

3. DIE DEFINITION DER RELIEFHÜLLFLÄCHE

Der Formulierung einer Definition bieten sich nun keine Schwierigkeiten mehr. Wir verstehen unter der Reliefhüllfläche diejenige Fläche, die unter Außerachtlassen der Skulptur-einzelheiten, aber unter Berücksichtigung der Großformen die jeweils höchsten Aufragungen eines in Abtragung befindlichen Reliefs unter Annahme einer gleichbleibenden Neigung miteinander verbindet. Sinngemäß unterscheidet sich diese Festlegung kaum von der Penck'schen Definition der Gipfelflur. Sie bringt aber eine wichtige Vervollkommenung durch das Einführen einer geometrischen Größe, den Neigungswert.

Für die Alpen ist dieser Wert auf Grund unserer Überlegungen aus einem Bereich zwischen $75^0/_{00}$ und $100^0/_{00}$ Neigung auszuwählen. Er bleibt dann für die gesamte Konstruktion der Reliefhüllfläche bindend. Dieser Sachverhalt unterscheidet sich etwas von den Neigungsverhältnissen des Reliefsockels, welche zwischen 0^0 und einem maximalen Gefälle von $10^0/_{00}$ variieren können. Durch ihre konstante Böschung wird die Hüllfläche zu einer geometrischen Begrenzung des Skulpturreliefs nach oben. Als solche ist sie an jedem beliebigen Punkt genau faßbar. Damit ist auch jegliche Unklarheit über ihren Verlauf, die sich besonders beim zeichnerischen Ermitteln auswirken würde, beseitigt.

Die Reliefhüllfläche charakterisiert unabhängig vom Taltiefsten die gegenseitigen Lageverhältnisse der örtlich jeweils höchsten Gipfel (im Sinne von S. 12). Sie zeigt mit großer Wahrscheinlichkeit die Richtungen der ehemaligen Abdachungsverhältnisse und den allgemeinsten Verlauf der alten Tiefenlinien und Höhenzüge an.

4. DIE AUSWERTUNG

a) Allgemeine Bemerkungen

Wenn nun im folgenden auf einige Auswertungsmöglichkeiten hingewiesen wird, so sei bemerkt, daß dies nicht einer vollständigen Analyse der beiden Kartenblätter gleichzusetzen ist. Ebenso wenig bedeutet es eine kritische Auseinandersetzung mit der Literatur der als Beispiele herangezogenen Gebiete. Um dies zu erreichen, wären zusätzlich umfangreiche Geländebegehungen erforderlich gewesen. Es war aber in erster Linie Aufgabe, die Methodik einer Konstruktion der Hüllfläche zu finden und ihre allgemeine Anwendbarkeit zu überprüfen. Aus diesem Grunde war es auch verhältnismäßig unwesentlich, welcher Teil der Alpen zur Erprobung herangezogen wurde. Von den Schweizer Alpen wurde ausgegangen, da es zweckmäßig erschien, den Neigungswert der Hüllfläche in einem Gebiet mit großen absoluten Höhen und beträchtlichen relativen Höhenunterschieden zu bestimmen, also gewissermaßen den geeigneten Wert für die extremsten Verhältnisse der Alpen überhaupt zu finden.

Die Salzburger Alpen schienen mit ihrer Plateauentwicklung geeignet, die Anwendbarkeit der Konstruktion auch in einem wesentlich anders gestalteten Gebirgsrelief zu überprüfen. Die ursprünglich nur auf die Schweizer Alpen und die Salzburger Alpen ausgedehnte und wegen der verfügbaren Kartengrundlagen in verschiedenen Maßstäben durchgeführte Konstruktion der Hüllfläche des Reliefs wurde nachträglich zu einer einheitlichen Darstellung für das ganze Gebiet zwischen Mont Blanc und Ankogel im einheitlichen Maßstab 1:500000 erweitert. Sie ist in zwei Kartenblättern der Arbeit beigegeben.¹

b) Zur Charakterisierung der Gebirge durch die Reliefhüllfläche

Die Hüllfläche ist, wie die vorhergehenden Betrachtungen gezeigt haben, kein unmittelbares oder näheres Abbild einer ehemaligen Abtragungsoberfläche der Alpen. Das Bezugsgitter der Hüllfläche, die Gipfel, oft Grate, also junge Formen, gehören wohl vielfach den verschiedensten Formengruppen an und werden infolgedessen im allgemeinen nicht gleichaltrig sein. Es gilt zunächst zu prüfen, wie weit die Reliefhüllfläche trotzdem imstande ist, charakteristische Merkmale der Formengestaltung der Gebirge wiederzugeben, sowohl in deren Gesamtheit als auch in größeren regionalen Einheiten.

¹ Für die Hilfe bei der Reinzeichnung der beiden Kartenblätter bin ich Ing. Kartogr. E. Kuchtnr zu großem Dank verpflichtet.

Übereinstimmend mit dem Erscheinungsbild der Alpen, das von zahllosen Gipfelpyramiden und stark gegliederten Graten geprägt wird, treten auf der Hüllfläche eine große Anzahl von Berührungspunkten auf. Ihre Streuung über das ganze Gebiet ist aber nicht gleichmäßig. Besonders in den hochaufragenden Gruppen ist ihre Dichte verhältnismäßig gering. Dadurch kommt zum Ausdruck, daß der gewaltige landschaftliche Eindruck, den man etwa beim Besuch der Walliser- oder Berner Alpen, der Bernina-Gruppe erhält, auf wenige Gipfel zurückzuführen ist. Demgegenüber zeigen andere Teile des Gebirges eine starke Häufung von Punkten. Es gibt hier keinen Gipfel mit überragender Bedeutung. Sie alle ordnen sich der größeren Einheit, der Gruppe, unter. Groß ist schließlich die Punktdichte in den Molasse-Schuttfächern am Alpensaum (Napf-Gebiet, Toggenburg).

Die wechselnde Berührungspunktdichte auf der Hüllfläche ist zugleich Ausdruck einer unterschiedlichen Intensität der Zertalung. Die hohe Dichte der Bezugsgipfel in den genannten Molassegebieten geht parallel mit einer außerordentlich dichten Zerschneidung, wobei allerdings die eng benachbarten Täler keine großen Tiefen aufweisen. Dagegen bedeuten wenige Punkte eine tiefgreifende Aufschlitzung bei weiten Talabständen.

Vermittels ihrer generalisierenden bzw. schematisierenden Wirkung, d. h. durch das Außerachtlassen von Skulptureinzelheiten ist die Reliefhüllfläche in der Lage, Züge der Großgliederung des Gebirges deutlicher herauszuarbeiten, als es im allgemeinen eine physische Karte vermag. Besonders auffällig ist dies bei der Furche Genfer See – Martigny – Val d'Entremont – Großer St. Bernhard – Valle d'Aosta. Markant ist sie auf der topographischen Karte nur in ihrem nördlichen Teil repräsentiert durch das Rhonequertal. Weniger gut oder überhaupt nicht erkennbar ist dagegen im topographischen Bilde die Fortsetzung dieser Furche über die Paßregion des Großen St. Bernhard nach Südosten. Diese Fortsetzung kommt aber in der Gestalt der Reliefhüllfläche klar heraus. Ein anderes Beispiel ist das Hervortreten der Säntisgruppe gegenüber dem appenzellischen Bergland.

Über die Beschaffenheit des Alpenrandes liefert die Hüllfläche ebenfalls Aussagen. Wenige Berührungspunkte mit großen Hüllkegeln kennzeichnen das unvermittelte Aufsteigen des Gebirges aus dem Vorland. Dagegen weisen zahlreiche Berührungspunkte mit unbedeutenden Hüllkegelradien auf einen ganz allmählichen Übergang zwischen beiden hin, eine genaue Abgrenzung von Alpen und Vorland ist hier oft recht schwierig. Deutlich kann dieser Wechsel des Charakters des Gebirgsrandes beim Verfolgen der Hüllflächengrenze im Schweizer Mittelland erkannt werden. Zwischen Rhein und Linth tritt der zuletzt genannte Typus auf, während von der Linth bis zur Emme ersterer vorherrscht. Bis zur Aare schließt sich ein Bereich ohne deutliche Abgrenzung an. Von der Aare bis zum Genfer See ist der Gebirgsrand im großen und ganzen klar ausgeprägt. Der erste Typus ist wiederum kennzeichnend für die Grenze Südalpen – Poebene.

Geologische Gegebenheiten lassen sich aus der Form der Hüllfläche nicht oder kaum ableiten. Abgesehen von den inneren Baustrukturen, die keinerlei Beziehungen zu den Oberflächenformen erkennen lassen, ist auch ein Einfluß der Gesteinsbeschaffenheit auf die Reliefhüllfläche nicht abzulesen. So sind z. B. die einzelnen Gipfel im Gebiet des leicht abtragbaren Bündner Schiefers zwischen der Lenzerheide und Ilanz am Vorderrhein im Formenbild der Hüllfläche nicht von denjenigen nördlich des Rheins in der Sedimenthülle des Aarmassivs zu unterscheiden.

Im Schweizer Jura sind es weniger einzelne Gipfel, welche die Ausgangsbasis der Hüllflächen-Konstruktion bilden, sondern zum überwiegenden Teil Nordost-Südwest streichende Auflagerungslinien. Damit wird das Charakteristikum des Gebirges, die Gliederung in annähernd parallel laufende Ketten- und Muldenzüge deutlich hervorgehoben. Diese

morphologischen Elemente stimmen über große Strecken mit dem geologischen Bau, also mit Antiklinalen und Synklinalen überein. Unterbrechungen der Berührungslinien treten dort auf, wo die Jura-Flüsse in den Klusen die Antiklinalen durchbrechen oder aufgeschlitzt haben oder aber die Sättel durch Verwerfungen transversal versetzt sind bzw. allmählich abtauchen und von anderen abgelöst werden. Nach Westen ist in zunehmendem Maße ein Angleichen von wahrer Oberfläche und Reliefhüllfläche zu beobachten, das letztlich soweit geht, daß beide miteinander fast identisch sind. Dieser Fall tritt dort ein, wo Sättel und Mulden bereits zu einer Faltenrumpffläche abgetragen sind. Die Freiberge (Franches Montagnes) nordöstlich La Chaux de Fonds sind ein großartiges Beispiel dafür. Diese Erscheinung mehrt sich gegen Südwesten im französischen Jura-Anteil. Im Tafel- oder Plateau-Jura sind es (soweit er nicht tektonisch stark zerstückelt ist) lediglich die tief eingekerbten Flußtäler, die von der Hüllfläche überspannt werden. Deutlich erkennbar ist ferner das Übergreifen von Formenelementen des Jura über die Rhone nach Osten südlich von Genf und ihr Übergang in die Strukturen der Alpen.

Da Schwarzwald und Vogesen auf dem westlichen Blatt nur in ihrem südlichen Teil dargestellt sind und nicht mitbearbeitet wurden, kann über sie nichts ausgesagt werden. Doch wäre eine Anwendung auf diese Gebirge sicher interessant und lohnend, besonders im Hinblick darauf, wie sich ihr unterschiedlicher morphologischer Charakter in der Form der Hüllfläche widerspiegelt und in welchem Ausmaß sich speziell beim Schwarzwald die Zugehörigkeit zum rhenanischen Einzugsgebiet auf der einen Seite und zum danubischen auf der anderen Seite äußert. Daß gute Ergebnisse zu erwarten sind, liegt durchaus im Bereich der Möglichkeit. Denn wie Alpen und Jura lehren, finden wichtige Grundzüge der Morphologie ihren Ausdruck in der Reliefhüllfläche.

Damit ist eine Grundlage gewonnen, um Gebirge in ihrer charakteristischen Formengestaltung mit Hilfe der Reliefhüllfläche herauszuarbeiten und miteinander zu vergleichen. Es brauchen durchaus nicht Gebirge des gleichen Relieftypus und der gleichen Klimazone zu sein, sondern gerade eine Gegenüberstellung von Gebirgen mit unterschiedlichem Ausprägungsgrad des Gebirgscharakters und der verschiedensten Breitenlage kann erst alle spezifischen Unterschiede und Differenzierungen deutlich werden lassen.

c) Betrachtung spezieller Gebiete

Nach diesem allgemeinen Überblick sollen einige Gebiete der Alpen (soweit sie auf beiden Blättern erfaßt sind) näher beleuchtet werden. Es handelt sich bei diesen Betrachtungen um ein Aufeinanderbeziehen von Aussagen der Hüllfläche mit den topographischen Gegebenheiten der Erdoberfläche und um eine Klärung, ob Abweichungen im Erscheinungsbild dieser beiden Flächen als Hinweise für die Morphogenese gedeutet werden können. Wie bereits betont, darf bei den Ausdeutungen die Wirksamkeit von Gesteinsbeschaffenheit, Struktur und Tektonik nicht vernachlässigt werden. Man kann deshalb in den einzelnen Formenmerkmalen der Reliefhüllfläche nicht mehr als nur verschleierte Hinweise auf Formenrelikte alter Zustände des Reliefs sehen.

Talcharakter und Krustenbewegungen

Bei einem Vergleich wird es sich fast ausschließlich um eine Gegenüberstellung zwischen den Talzügen der Hüllfläche – richtiger ist vielleicht Talungen – und den heutigen Tälern handeln. Dabei ergibt sich, daß die Riegel im Verlauf der Hüllflächentalungen meistens mit einem engen Querschnitt im tatsächlichen Tal zusammenfallen. Andererseits stimmen auf der Hüllfläche angezeigte Eintiefungen, geschlossene Vertiefungen, mit Talweitungen überein. Unter diesen Depressionen der Hüllfläche ist fast immer im wirklichen Tal ein

Talboden ausgebildet oder wo er fehlt, ist zumindest eine weite Talöffnung nach der Höhe vorhanden und die Talflanken sind durch Hangverflachungen stärker gegliedert. Unter den Riegeln der Talungen der Hüllfläche ist dagegen im wirklichen Tal ein Talboden fast nie anzutreffen, ebensowenig deutliche Verflachungen an den Hängen. Derartige Kongruenzen herrschen z. B. im Rhontal von Visp bis zum Genfer See und im Goms, im Reußtal, beim Vorderrhein, im Engadin und Valle Leventina.

Eine Übereinstimmung bis ins Detail tritt allerdings nicht in allen Tälern auf. Es kommt vor, daß ein Fluß tief eingeschnitten ist, wo nach Aussage der Reliefhüllfläche (durch eine Eintiefung der Fläche gekennzeichnet) eine Talweitung zu erwarten wäre. Dies trifft z. B. im Hinterrheintal zwischen Sufers und Thusis, im Rhonetal zwischen Brig und Blitzingen, im Engadin im Abschnitt Cinuos-chel und Zernez und beim Tessinlauf zwischen Lavorgo und Giornico zu. Bei näherer Betrachtung ist aber zu erkennen, daß diese Talstrecken ihr abweichendes Gepräge petrographischen Ursachen zu verdanken haben (Rofla-Schlucht des Hinterrheins im Rofla-Porphyr) oder daß die Talverengungen nur kurzlebige Erscheinungen sind, hervorgerufen durch große Massenbewegungen (Bergsturz von Giornico).

Die oben genannten Übereinstimmungen zwischen Hüllflächenaussage und Talquerschnitt können ein Ausdruck von tektonischen Tatsachen sein, wohl weniger, obwohl es auch in manchen Fällen zutrifft, der Gesteinsbeschaffenheit. Denn der petrographische Rahmen, in den die Täler eingetieft sind und der Gesteinsaufbau der Gipfel, welche als Berührungspunkte für die Gestaltung der Hohlformen und Riegel auf der Hülle des Reliefs ausschlaggebend sind, weisen oft größte Unterschiede auf, so daß die unterschiedliche Konfiguration der Hüllfläche nicht mit dem Wechsel der Gesteinsbeschaffenheit begründet werden kann. Viel eher scheint es dagegen möglich, eine Verbindung zwischen Form der Reliefhüllfläche und Tektonik herstellen zu können. Es ist in gewissen Fällen denkbar, daß sich in den Riegeln der Hüllflächen-Talungen Hebungsgebiete durchpausen und in den Hohlformen Senkungsräume.

Wenn diese Annahme zutreffen soll, dann müssen sich die tektonischen Bewegungen im wirklichen Tal durch Verbiegung von Talterrassen sowie durch Änderungen des Flußgefälles und des Talquerschnittes nachweisen lassen.

Ein solcher Fall scheint im Wallis vorzuliegen. Wie die morphologischen Untersuchungen von F. Machatschek und W. Staub (1926/27) ergeben haben, besitzen die Terrassen des Rhonetales von Martigny bis Sion flußaufwärts ein rückläufiges Gefälle. Unterhalb des Rhoneknies im Abschnitt Martigny – St. Maurice ist dagegen ein starkes Absinken gegen den Genfer See hin zu beobachten und ein Talboden, wie er oberhalb und unterhalb dieser Engtalstrecke vorhanden ist, fehlt fast ganz. Auch das Gefälle der Rhone nimmt auf dieser Talstrecke beträchtlich zu. Bereits A. Heim hat diesen Teil des Rhonetales, der ja senkrecht zum Streichen des Gebirges verläuft, als antezedent bezeichnet. Ähnliches soll nach Untersuchungen von Machatschek (1933) und Sölch (1935) auch für den Inn oberhalb des Finstermünz-Passes zutreffen.

Welche Deutung sich im speziellen Falle der Erscheinung der Riegel und geschlossenen Vertiefungen in den Reliefhüllen-Talungen am wahrscheinlichsten geben läßt, muß jeweils eine genaue Geländeuntersuchung erbringen.

Wie erwähnt, zeichnen sich Mont Blanc, Walliser Alpen und Berner Alpen durch ihre außerordentlich großen Reliefhüllkegel aus. Dieses Abweichen vom Erscheinungsbild der meisten anderen Gruppen im Verein mit der tiefen Zerschneidung der Westalpen kann kaum anders als durch junge Hebungen erklärt werden. F. Machatschek und W. Staub (1926/27) nehmen eine Massivaufwölbung des Mont Blanc an, um die rückläufigen Terrassen des Rhonetales zu erklären. Eine Bestätigung dieser Annahme liefert der Verlauf

von Val d'Entremont und Val Ferret. Nach den bisherigen Auffassungen (Staff, Valkenburg, auch Heim) soll von Sembrancher im Val de Bagnes ein Nebenfluß der Drance de Bagnes den Talzug Val d'Entremont – Champex angezapft und in der Sedimenthülle des Mont Blanc weiter nach Süden zurückgreifend das Val Ferret geschaffen haben. Wahrscheinlicher scheint uns aber folgende Erklärung, die zugleich einen Hinweis für die Möglichkeit einer Aufwölbung des Massivs liefert. Die Täler von Drance d'Entremont und Drance de Ferret sind gleichzeitig entstanden. Das Val Ferret – Champex ist aber mit dem Aufsteigen des Mont-Blanc-Massivs immer mehr nach Osten abgedrängt worden. Infolgedessen hat sich die Talscheide zwischen dem Val d'Entremont und Val Ferret – Champex immer mehr erniedrigt und ist schließlich – vielleicht in Verbindung mit einer Talverschüttung – beim Som la Proz niedergelegt worden, so daß von nun an die Drance de Ferret in das Val d'Entremont mündete.

Tektonische Verbiegungen haben aller Wahrscheinlichkeit nach auch im Raum des östlichen Blattes stattgefunden und finden ihren Niederschlag in der Form der Hüllfläche. So ist nach Meinung Machatscheks (1922), der Winkler-Hermaden (1957) im wesentlichen beipflichtet, die Mitterndorfer Senke zwischen Dachstein und Totem Gebirge eine sekundäre Einmuldung, wogegen der Dachstein eine asymmetrische Aufwölbung darstellt. Der große Hüllkegel des Dachsteins könnte unter Umständen in dieser Richtung gedeutet werden.

Eng verbunden mit tektonischen Bewegungen ist eine weitere Erscheinung: das Auftreten von Talasymmetrien. Solche Talasymmetrien sind in den Alpen überaus häufig. In welchem Ausmaß allerdings tektonische Ursachen für deren Entstehung verantwortlich sind, ist nicht leicht nachzuweisen. Die Reliefhüllfläche zeigt dazu folgendes: Wie aus einem Vergleich der heutigen Täler mit den Talzügen der Hüllfläche hervorgeht, zeigen ihre Projektionen in eine Ebene oft beträchtliche horizontale Abweichungen voneinander. Mit diesen Abweichungen in der Horizontalen geht meistens eine Asymmetrie des betreffenden Tales Hand in Hand. Dabei ist diejenige Seite die steilere, auf die, von der Tiefenlinie der Hüllfläche aus gesehen, der heutige Talgrund zu liegen kommt. Es könnte auf Grund dessen auf Hebungs Vorgänge geschlossen werden, doch müßte andererseits auch Gesteinsbeschaffenheit und Schichtlagerung bei der Deutung solcher Verhältnisse berücksichtigt werden.

Eindeutige Hinweise zu diesem Problemkreis gibt die Reliefhüllfläche also nicht. Wenn aber angenommen wird, daß sich möglicherweise in den Hohlformen und Riegeln der Hüllfläche Senkungs- bzw. Hebungsräume abzeichnen, dann liefert die Hüllfläche immerhin Andeutungen, auf welche Art und Weise man diese oder jene Frage der Talformung klären kann, wo auf Merkmale einer Antezedenz oder auf tektonisch verursachte Talasymmetrien zu achten ist.

Talverlegungen im Bereich der Hauptwasserscheide

Als problemträchtig und für die Talgeschichte der Alpen außerordentlich interessant haben sich viele Paßregionen erwiesen. Nicht wenige von ihnen sind als Taltorsi ausgebildet und werden höchstens von einem kleinen Fluß gequert, der in keinem Verhältnis zu ihrer Weite steht. Über diesen Pässen zeigen die Hüllflächen-Talungen manchmal gar keine Kulmination, keinen Riegel an, welcher eine alte Wasserscheide andeuten könnte, Wölbungen der Reliefhüllfläche kommen weit ab zu liegen. Dagegen treten mehrmals über Pässen geschlossene Eintiefungen der Hüllfläche auf. Dies ist z. B. beim Maloja, Splügen, San Bernardino, Gotthard, Grimsel u. a. der Fall. Inwieweit das Hinweise für Verlagerungen der Wasserscheide sind, soll zunächst an einem Beispiel, das genauestens bekannt ist, überprüft werden.

Es ist das Gebiet des Maloja-Passes (Heim 1922). Wie die Richtungen von Val Maroz, Val d'Albigna, Val Forno und Terrassenreste an der Nordseite des Bergell (Val Bregaglia) klar erkennen lassen, gehörten diese Täler einst zum Einzugsgebiet des Inn und wurden durch die Mera, die im Vergleich zum Inn ein viel größeres Gefälle auf gleiche Entfernung hat, angezapft. Mit einem Steilabfall bricht das Oberengadin am Maloja-Paß gegen das Tal der Orlenga, einen Quellfluß der Mera, ab. Ebenso besitzen die genannten Täler zum Bergell hin mächtige Talstufen, die den Tälern, welche unterhalb Promontogno in das Val Bregaglia münden, fehlen. Die Lage der ursprünglichen Wasserscheide ist auf der Hüllfläche – verständlicher Weise durch die kräftigere Erosion und damit verbunden durch verstärkte Gipfeldenudation auf der Südseite der Alpen etwas herabgezogen – deutlich erkennbar. Sie liegt, wie bereits Heim annahm, zwischen Stampa und Promontogno.

Das sind aber nicht die einzigen Hinweise. Denn die geschlossene Vertiefung der Hüllfläche über dem Maloja reicht auch noch über den Septimer in das Oberhalbstein hinein, welches durch die Julia zum Hinterrhein entwässert wird. Ein ursprünglicher Abfluß des ganzen, auf der Hüllfläche als Mulde charakterisierten Gebietes zum Rhein und zwar vor dem Eingreifen des Inn und lange vor dem Auftreten der Mera ist deshalb nicht ausgeschlossen. Die Taltorsi des Val da Cham (2400–2450 m) und das Val Duana (über 2460 m) lassen sich gemäß ihrer Höhenlage und Ausrichtung nach NNO bzw. NO nicht auf den Maloja (1815 m) beziehen. Viel eher ist dagegen eine Verbindung mit dem Septimer (2130 m) möglich. Für ein zeitweises Zurückgreifen des Rheinsystems in die Bernina-Gruppe in der Weise, wie es von G. Orth (1935) vertreten wird, daß nämlich das Val Forno, das Val Fedox, das Val Fex und das oberste Val Roseg hoch über dem heutigen Engadin und dessen linker Talflanke zwischen Piz Lunghin (2781 m) und Piz Lagrev (3165 m) einst dem Rheinsystem angehörten, gibt dagegen die Form der Hüllfläche keinen Anhalt.

Eine Verlagerung der Wasserscheide zuungunsten der Nordalpenflüsse, also von S nach N, hat sich wahrscheinlich auch am Splügen-Paß und am Passo del San Bernardino vollzogen. Dies ist allerdings auf der Reliefhüllfläche, besonders beim Valle San Giacomo, nicht mehr so gut erkennbar wie am Maloja. Die Berührungspunkte beiderseits der Täler ragen wegen der verstärkten Erosion und Denudation südlich der heutigen Wasserscheide nicht mehr so hoch auf, so daß in den Talungen der Hüllfläche nur noch schwach ausgeprägte Riegel zustande kommen. Nach Aussage der Reliefhüllfläche haben die Wasserscheiden im Valle San Giacomo bei Cimaganda und im Misox (Valle Mesolcina) südlich von Mesocco gelegen. Diese Hypothese erfährt eine Unterstützung durch das Flußnetz. Ganz ähnlich wie am Maloja sind die Zuflüsse, welche oberhalb der angenommenen Wasserscheiden liegen, gegen Norden gerichtet.

Vom Pic dal Märç (nördlich Promontogno) über den P. Gallegione, den Cima di Lago, den P. Stella ist die Wasserscheide dagegen stabil geblieben und stammt wohl aus sehr alter Zeit. Zugleich stellen die von hier aus nach Norden gerichteten und sehr hoch gelegenen Täler (Avers, Madrisertal, Valle di Lei) den Typus der alten Quellarme der Nordalpenflüsse dar und dürften auch sicher als relativ wenig umgestaltete Formenelemente der Alpen gewertet werden. Sie geben uns mit dem geringen relativen Höhenunterschied von Talgrund und begleitenden Kämmen sowie den Gefällsverhältnissen noch am ehesten ein Bild des Gebirges, wie es vielleicht in älterer Zeit geherrscht haben mag.

Eine Einmündungszone der Hüllfläche befindet sich auch über dem Urserental, Riegel der Hüllfläche dagegen über der Schöllenen-Schlucht und über dem Oberalppaß. Diese Riegel sind etwa gleich hoch. Die Tatsache, daß die Reuß nach Norden abfließt, müßte sich, wenn dieser Durchbruch durch das Aarmassiv alt sein soll, in einem stärkeren Her-

abziehen der Reliefhüllfläche äußern, auch dann, wenn die Unterschiede des petrographischen Aufbaues im Durchbruchstal der Reuß durch das Zentralmassiv und am Oberalppaß berücksichtigt werden. Da dies nicht zutrifft, ist mit A. Heim (1921) anzunehmen, daß „die Eroberung eines Mittelstückes aus der großen Talzone Chur – Martigny durch die Reuß“ ein recht junger Vorgang ist. Es gelang auch F. Machatschek (1927/28) durchgehende Terrassensysteme vom Urserental über den Oberalppaß zum Vorderrhein zu verfolgen und somit die ehemalige Einheitlichkeit dieser Talfurche zu beweisen. Ein Ausläufer der Mulde der Hüllfläche über dem Urserental nach Süden deutet das Gotthardpaßtal an, dessen Ursprung nach A. Heim (1921) einstmals jenseits des Tessins gelegen hat. Eine einstige Verbindung dieses Tales über das Val Bedretto zum Nufenenpaß und über den Passo di San Giacomo bis zum Hohsandgletscher scheint durchaus angängig zu sein, wenn hier wiederum die tiefe Lage der Berührungsfläche wegen der kräftigen Erosion und Denudation auf der Alpen-Südseite berücksichtigt wird. Eine zeitweilige Verbindung über den Lukmanier zum Vorderrhein, wie sie W. Staub (1957) postuliert, ist auf der Hüllfläche nur schwach zu erkennen, kann aber durchaus bestanden haben. Dagegen tritt die von ihm vertretene noch ältere Entwässerung vom Val Piora über den Passo Corumbe in das Val Campo und weiter durch das Luzzzone-Tal und über die Greina auf der Hüllfläche gar nicht in Erscheinung.

Ähnlich wie am Oberalppaß haben sich sicher auch im Gebiet des Grimsel starke Veränderungen im Flußnetz vollzogen. So dürfte nach Aussage der Hüllfläche die Wasserscheide von Rhone und Aare einst weiter im Norden gelegen haben, ungefähr zwischen Handegg und Guttannen. Die Verschneidung der Reliefhüllfläche liegt hier bei annähernd 2950 m, die höchste Verschneidung im Goms rund 50 m tiefer. Noch tiefer liegt ein Ausgang nach Süden in das Val Antigorio (2830 m). Doch dürfte dieser Paß kaum von einem Gerinne von Norden nach Süden oder umgekehrt durchflossen worden sein. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist die Bildung dieses Passes das Ergebnis des jungen Eingreifens vom Toce in diese Zone von Bündner Schiefer. Die Auffassung, daß die Aare – Rhone – Wasserscheide einst zwischen Ritzlihorn (3268 m) und Diechterhorn (3389 m) lag, wird dadurch unterstützt, daß (worauf Staub, 1957, mit Nachdruck hinweist) Nebentäler des heutigen Aaretals gegen den Grimsel hin auslaufen, also entgegengesetzt zur Abflußrichtung der Aare.

Komplikationen liegen auch am Reschen-Scheideck und dem obersten Etschtal vor. Der Reschen-Scheideck der Hüllfläche liegt genau so hoch (annähernd 2550 m) wie ein Paß auf der Hüllfläche zwischen der Ortler-Gruppe (H. Angelus Spitze, 3520 m, Laaser Spitze, 3304 m) und den Öztaler Alpen (Litzner Spitze 3205 m). Die tiefe Lage der Etsch als Erosionsbasis bei Laas (869 m) gegenüber dem Reschen (1508 m) zeigt also bisher noch keine Wirkung für die Höhenlage der Hüllfläche. Münstertal, Trafoi- und Suldental, evtl. auch noch das Tal des Laaser Baches, dann Langtaufers, Planail- und Matschtal entwässerten allem Anschein nach ursprünglich über den Reschen gegen Norden zum Inn und wurden nach und nach von der Etsch angezapft.

Talverlegungen innerhalb der Hauptabdachungen

Nun haben sich große Veränderungen im Kampf um die Wasserscheide nicht nur zwischen Flüssen der Nord- und Südabdachung der Alpen vollzogen, sondern ebenso häufig zwischen den einzelnen Flußsystemen der gleichen Hauptabdachung. Dafür gibt die Reliefhüllfläche zahlreiche Hinweise. Wie aus der Geröllgesellschaft der Schotter im Schweizer Mittelland hervorgeht, floß noch im Oberpliozän die Rhone aus dem Gebiet des Genfer Sees nach Norden und ist erst später von Südwesten her angezapft worden (Hennig

1948). Daß dieser Vorgang jungen Datums sein muß, geht daraus hervor, daß sich der Durchbruch der Rhone durch die Ketten des Jura auf der Reliefhüllfläche überhaupt nicht bemerkbar macht. Es besteht hier im Südwesten des Genfer Sees durch das Übergreifen der Jura-Strukturen eine Barriere, die in der Hüllfläche besonders gut zum Ausdruck kommt, wogegen nach Norden ins Mittelland hinein auf der Hüllfläche ebenso wie auf der Erdoberfläche selbst, eine weite Öffnung vorhanden ist.

Im Süden der genannten Barriere schließt sich eine recht große und in sich wiederum stark gegliederte Depressionszone der Hüllfläche an. Verfolgt man den Lauf der Rhone, so ergibt sich, daß der Fluß nicht die tiefste Stelle zum Abfluß benützt, die auf unserer Hüllfläche angezeigt ist. Sie fließt vielmehr am Rande dieser Einmuldung. Die tiefste vorgezeichnete Linie wird von keinem Fluß in der Längsrichtung durchmessen. Nach Norden hat die Depression zwar einige Pässe. Aber diese beherbergen heute kein Gerinne. Das Flußnetz nimmt einen ganz widersinnigen Verlauf. Diese Konfiguration der Hüllfläche sieht wie ein Hinweis auf eine einstige Entwässerung nach Norden (entweder zwischen den Montagnes du Vuache und dem Mont Saleve oder östlich von letzterem) aus. Doch das müßte im Gelände überprüft werden. Jedenfalls liegt hier ein Gebiet mit interessanter morphogenetischer Fragestellung vor.

Eine scheinbare Divergenz zwischen der Aussage der Hüllfläche und den tatsächlichen Gegebenheiten tritt in der Landschaft Davos auf. Die Tiefenlinie der Hüllfläche zeigt eine deutliche Verbreiterung und Öffnung gegen Nordosten. Der Fluß des Tales, das Landwasser, nimmt aber seinen Lauf gegen Südwesten zur Albula hin. Wie geologische Aufnahmen lehren, ist der Talzug nordöstlich Davos von Bergsturmassen verschüttet. Jennings und Heim sehen in dieser Einschüttung den Grund für die Umkehr des Landwassers nach anfänglichem Stau zu einem großen See. Dieses Ereignis wird von J. Cadisch (1926) in das Postglazial gestellt. J. Sölch (1935) hält es dagegen für wahrscheinlicher, daß die Flußumkehr bereits präglazial erfolgt ist und mit dem Bergsturz nichts zu tun hat. Besonders das tiefe Einschneiden des Landwassers in der Zügenschlucht ist seiner Meinung nach unmöglich nur das Ergebnis postglazialer Erosion.

Nach den Aussagen der Reliefhüllfläche läßt sich dazu folgendes bemerken: die Flußumkehr ist sicher eine junge Erscheinung, sonst wäre die ursprüngliche Richtung nicht mehr so deutlich auf der Reliefhüllfläche erkennbar. Weiterhin dürfte die Vermutung Cadischs zutreffen, daß die ehemalige Wasserscheide zwischen Landwasser und Albula bei Glaris lag und als eine ganz niedrige Felsschwelle ausgebildet war, die nach Aufstauung des Landwassers leicht überflossen und dann durchschnitten werden konnte. Es ist nämlich ohne weiteres denkbar, daß, wie die Hüllfläche zeigt, die Albula lange vor diesem Geschehen in der Landschaft Davos Oberlauf des Landwassers gewesen ist, daß also ein einheitlicher Talzug vorhanden war. Die Wasserscheide zum sogenannten Ostrhein lag wahrscheinlich bei Sorava, wie es sich noch heute durch eine Verengung im und durch einen Riegel der Reliefhüllfläche über dem Albula-Tal bemerkbar macht. Diese Wasserscheide ist in der Folgezeit (vielleicht im Zusammenhang mit dem Zerfall des Ostrheines Oberhalbstein- Lenzerheide und der Umlenkung der Julia zum tiefer eingeschnittenen Hinterrhein) niedergelegt worden und die Albula strömte dann nach Westen. In der Landschaft Davos bildete sich auf diese Weise bei Glaris eine Talwasserscheide.

Weitere Umgestaltungen des Flußnetzes haben sich beispielsweise im Reußgebiet zwischen Vierwaldstätter- und Zürichsee vollzogen und sie kommen in der Berührungsfläche klar zum Ausdruck. So sind die Talzüge Brunnen – Schwyz – Steinen – Sattel – Rothen-thurm – Biberbrugg, Sattel – Aegerisee und Schwyz – Goldau – Zugersee verlassene Talstücke ehemaliger Reußabflüsse.

Zahlreiche Hinweise für die Talgeschichte gibt die Hüllfläche für das Gebiet von Sopra- und Sotto Ceneri. Es braucht z. B. nur auf die Verbindung Val Cannobina – Val Travaglia oder unteres Tessintal – Ceneritalung hingewiesen zu werden.

Andere Gebiete, in denen sich sicher in der Vergangenheit Veränderungen der Flußnetze vollzogen haben, und die durch Hohlformen auf der Hüllfläche angezeigt werden, sind die Quellgebiete von Spöll und Adda und der Raum zwischen Puschlav, dem oberen Veltlin, dem Val Camonica und dem Val Corteno mit dem Apricapaß. Im erstgenannten Gebiet sind aus der Konfiguration der Reliefhüllfläche keine genaueren Hinweise abzuleiten, in welcher Richtung sich die Entwicklung vollzogen hat. Es wäre dagegen lohnend bei der Bearbeitung des zuletzt erwähnten Raumes die Hypothese nachzuprüfen, ob der Poschiavino nicht einstmals ein Quellarm des Oglio gewesen ist, und ob nicht die Adda als Entwässerungsader erst später Wirksamkeit erlangte.

d) Zusammenfassung

Ganz allgemein lassen sich aus den aufgezählten Beispielen folgende Resultate ableiten: Die Reliefhüllfläche erlaubt es, gewisse typische Merkmale des Höhenreliefs im ganzen zu entnehmen. Im einzelnen ist die Reliefhüllfläche in der Lage auf Gebiete mit komplizierter und problematischer morphogenetischer Entwicklung hinzuweisen. Sie hebt die Gebirge nach Oberflächengestalt und Gliederung voneinander ab und kann teilweise als Hilfsmittel zur landschaftlichen Abgrenzung verwendet werden.

Gewisse Erscheinungen im Formenbild der Hüllfläche können als sichtbarer Ausdruck jüngster Tektonik gedeutet werden.

Bei näherer Überprüfung der Untersuchungsergebnisse gut erforschter Räume ergibt sich außerdem, daß einzelne dieser Erkenntnisse rein schon im Formenbild der Hüllfläche einen deutlichen Ausdruck finden. Die Reliefhüllfläche vermag also mit ihrer zwar schematischen aber strengen Darstellung geometrischer Verhältnisse der Höhenverteilung bedeutsame Hinweise zu geben, in welcher Richtung auch weniger bekannte Teile der Alpen vorzugsweise zu untersuchen wären und auf welche besonderen Gestaltungsmerkmale gegebenenfalls ausdrücklich zu achten ist. Die Reliefhüllfläche ist weit mehr als die Gipfel-flur zur Gewinnung von aussichtsreichen Arbeitshypothesen über die Genese des Abtragungsreliefs wirklich geeignet.

C. DIE OBERFLÄCHE DES RELIEFSOCKELS

Mit der Reliefhüllfläche ist eine obere Begrenzungsfläche des Reliefs gefunden, die dem Reliefsockel, genauer der Reliefsockel-Oberfläche als der unteren gegenübersteht. Unter dem Reliefsockel ist nach der Definition (H. Louis, 1957) derjenige Teil eines Erdkrustenstückes zu verstehen, der noch nicht von der Zertalung erfaßt ist. Seine Oberfläche tangiert den in aktueller Abtragung befindlichen Raum von unten her und trennt damit das Skulpturrelief vom Sockelrelief.

Die Festlegung der Neigung der Sockeloberfläche bietet einige Schwierigkeiten. Nach den Überlegungen von H. Louis kann sie aber eindeutig bestimmt werden. Denn bei etwa $10^0/_{00}$ vollzieht sich der Übergang von unzertalten, weiten Ebenheiten zu bereits leicht zerschnittenen Relieftteilen. Während erstere noch dem Sockelrelief zugerechnet werden dürfen, gehören letztere bereits dem Zerschneidungsrelief an. Um diesen Wert ist auch die Grenze zwischen Talgrund- und Talhangneigung anzusetzen. Daraus wiederum kann gefolgert werden, daß als Stützelement für die Konstruktion des Reliefsockels nur die Talgründe in Frage kommen können, deren Gefälle $10^0/_{00}$ nicht überschreitet. Wird die Neigung der Tiefenlinien aber größer, dann verläuft die Reliefsockeloberfläche mehr oder weniger tief unter der Erdoberfläche. Ist sie geringer, dann fallen verständlicherweise Landoberfläche und Reliefsockelfläche zusammen.

Da die Täler der verschiedenen Klimabereiche sich in ihren Längsprofilen voneinander unterscheiden, werden die Talgründe, talauf gesehen, teilweise recht bald, also im Unter- oder Mittellauf oder erst später, im Oberlauf, die $10^0/_{00}$ -Grenze erreichen und überschreiten. Infolgedessen ist der Reliefsockel in der Lage, einen Einblick in die Art der Zertalung eines Abtragungsreliefs zu vermitteln. So zeichnet sich die deutsche Mittelgebirgsschwelle durch eine tiefgreifende Aufschlitzung aus, denn der Reliefsockel steigt nirgends zu bedeutender Höhe empor. Da die Alpen im wesentlichen dem gleichen Klimabereich wie die deutschen Mittelgebirge angehören, darf vermutet werden, daß der Reliefsockel auch hier keine allzu großen Höhen erreichen wird. Lediglich die Jugendlichkeit des Gebirges könnte Ursache für die Annahme sein, daß die Erosion noch nicht so tief eingreifen konnte, und deshalb das Sockelrelief eine größere Mächtigkeit besitzt.

Die Konstruktion wurde ausgeführt (westliches und östliches Blatt). Sie ergibt, daß der Reliefsockel in den Schweizer Westalpen nirgends nennenswert über 700 m ansteigt, auch nicht unter den großen Aufragungen wie Mont Blanc, Walliser und Berner Alpen. Er reicht damit nicht wesentlich höher als im Schwarzwald und im Schweizer Jura, wo er jeweils um 600 m kulminiert. Östlich der Grenze Westalpen/Ostalpen ist dagegen ein beträchtliches Anschwellen des Sockels zu verzeichnen. So erreicht er im Unterengadin Höhen bis zu 1000 m, ja er steigt sogar etwas darüber auf.

Diese Erscheinung ist sicherlich zum Teil auf die größere Breitenentwicklung des Gebirges zurückzuführen. Rund 250 km Entfernung zwischen Kempten und Brescia stehen annähernd 160 km zwischen Freiburg und Biella gegenüber. Jedoch dadurch allein ist das hohe Aufragen des Reliefsockels wohl nicht zu erklären, besonders weil das Gebiet von einem der größten Flüsse der Alpen, dem Inn, durchmessen wird. Wenn nach weiteren Gründen gesucht wird, so können diese nur beim Inn selbst liegen. Seine Flußarbeit muß gegenüber der der anderen Ströme (Rhone, Rhein, Tessin usw.) zurückstehen. Sie ist in-

folge des bedeutend längeren Laufes des Inn und seiner hochgelegenen Austrittsstelle aus dem Gebirge, also insgesamt wegen seines geringen Gefälles offensichtlich schwächer.

Durch das Bild der Sockelfläche wird außerdem eine Tatsache zum Ausdruck gebracht, die schon oftmals betont wurde, nämlich die größere Bedeutung der Flüsse der Südalpindachung der Alpen für bisherige und künftige Umgestaltungen des alpinen Talnetzes, ihre aktive Rolle bei der Verlagerung der Wasserscheide. Obwohl diese Flüsse in ihrer Länge hinter den nordalpinen zurückstehen, haben sie sich doch tiefer in das Gebirge eingeschnitten und bestimmen in viel größeren Bereichen die Höhenlage der Sockelfläche. So bewirkt das Val Antigorio, daß die Scheitelzone des Reliefsockels unter den Berner Alpen (Linie Lötschental – Finsteraarhorn) und der Dammastock-Gruppe zu liegen kommt. Sie verläuft weiterhin, jetzt vom Tessin bestimmt, parallel zum Vorderrheintal bis Ilanz. Dann biegt sie etwas nach Süden aus und streicht über die Lenzerheide, die Landschaft Davos in das Unterengadin durch die Wirkungsbereiche von Liro, Mera und Adda in ihrer Lage festgelegt. Rhein und Rhone, die mit ihren gewaltigen Längs- und Quertälern in der Orographie so wirkungsvoll hervortreten, haben für die Gestaltung des Sockelbildes eine viel geringere Bedeutung. Ebenso ist es bei der Reuß und in stärkerem Maße noch bei der Aare. Es liegen eben die lokalen Erosionsbasen der Südalpenflüsse in den Insubrischen Seen über 200 m tiefer als die von Rhone, Aare, Reuß, Rhein und Salzach, so daß auch das Niveau der Sockeloberfläche entsprechend tiefer zu liegen kommt. Bereits daraus resultiert eine Verschiebung der Scheitelzone der Sockeloberfläche nach Norden.

D. DIE MÄCHTIGKEIT DES SKULPTURRELIEFS

(RELIEFENERGIE)

Aus der kombinierten Verwertung von Hüllfläche und Sockelfläche des Reliefs ergibt sich eine neue Methode zur Erfassung und Darstellung der sogenannten Reliefenergie.

J. Partsch definierte die Reliefenergie wie folgt (1911, 2. Teil, S. 6): „Denken wir uns über die Scheitel der Höhen eine die Gipfel des Landes berührende Ebene ausgespannt und eine andere im Schoße des Landes so fortgeführt, daß sie nur in der Tiefe der Talsohlen die Landschaft träfe, dann würde der wechselnde Abstand dieser beiden Flächen uns ein Maß bieten für den Erfolg der Kräfte, welche das Relief der einzelnen Teile des Landes gestaltet haben.“ Er sagt weiter (ebd., S. 586): „Man könnte diesen Wert die Reliefenergie der Landschaft nennen.“

Dieser Definition wurde bisher nur theoretische Bedeutung beigemessen, da in der Praxis, das bedeutet bei der Konstruktion, zahlreiche Schwierigkeiten auftreten (Waldbaur, 1952, 1958). Dazu zählen beispielsweise die zu treffende Auswahl von Gipfel- und Talpunkten und die Unklarheit, wo die zugeordnete Meßstelle eines Gipfels, eines Talpunktes und eines beliebigen Geländepunktes zu suchen ist. Überaus mühsam, langwierig und nur mit einem großen Stab von Mitarbeitern auszuführen ist, auch wenn die vorher genannte Schwierigkeit irgendwie geregelt wird, schließlich die Bestimmung der zahllosen Einzelwerte, die notwendig sind, um für ein auch nur kleines Gebiet eine Karte der Reliefenergie entwerfen zu können.

Das Bild einer solchen Karte hat dennoch nur theoretischen Wert, da in ihr der Abstand zwischen zwei, wie Waldbaur sich im mathematischen Sinne nicht ganz exakt ausdrückt, „imaginären Flächen“ angegeben wird, nicht aber der „tatsächliche, sichtbare und meßbare Gegensatz zwischen benachbarten Berg- und Talpunkten“ (Waldbaur, 1958, S. 146).

Schrepfer/Kallner (1930) halten die Festlegung Partschs überhaupt für unzureichend. Ein Gipfel- oder Talpunkt ist, so argumentierten sie, mit beliebig vielen Gegenpunkten zu verbinden und daraus ergeben sich verschiedenste Reliefenergiwerte. Man kann deshalb von einer maximalen, minimalen, mittleren und typischen Reliefenergie sprechen. Die Legenden der bisherigen Karten zu diesem Themenkreis bedürfen aus diesem Grunde einer präziseren Fassung.

Unter den zahlreichen Versuchen kartographischer Darstellung (Verzeichnis bei Waldbaur, 1952, Ergänzung Waldbaur 1958) gibt es bisher nur einen einzigen, der der Definition von Partsch einigermaßen entspricht, obwohl immer kompliziertere und zeitraubendere Methoden ersonnen wurden. Es ist die Arbeit von Sandner, 1956, über die noch näher gesprochen werden wird (S. 31). An dem Grundgedanken, den relativen Höhenunterschied zweier Punkte darzustellen, wurde allerdings festgehalten, da die Bedeutung der sogenannten Reliefenergie für Morphologie und Morphographie erkannt wurde. Von der Definition Partschs wich man ab, indem entweder nach der sogenannten Feldermethode die größte Niveaudifferenz in einer bestimmten Flächeneinheit festgestellt wurde oder nach der Kurvenmethode der Höhenunterschied zwischen benachbarten Hohl- und Vollformen zur Darstellung gelangte. Es wird also immer von zwei auch horizontal voneinander entfernten Punkten ausgegangen, statt, wie es die Definition von Partsch vorsieht, den vertikalen

Unterschied zwischen dem Niveau der Gipfel und dem der Talgründe zu messen. Beide Darstellungsmöglichkeiten haben Nachteile. Bei der Feldermethode werden die Zerschneidung zusammengehöriger Formen durch das Einteilungsgitternetz und die Gefahr, daß voneinander unabhängige Formelemente miteinander in Beziehung gebracht werden, endlich das Nichtausreichen dieser Darstellungsart in stärker gegliedertem Gelände als Schwächen genannt, An der Kurvenmethode, die N. Krebs (1922) erstmals anwendete, wird vor allem die mangelnde Objektivität bei der Auswahl von Vergleichspunktpaaren kritisiert.

Ähnlich den Karten der Gipfelkurve liefern auch die Darstellungen der Reliefenergie von gleichen Gebieten durch verschiedene Autoren, keine übereinstimmenden Ergebnisse. Dies geht beispielsweise aus einer Gegenüberstellung der Entwürfe von Brüning (1927) mit Schrepfer/Kallner (1930) oder Lex (1925) mit Krebs (1928) und Waldbaur (1958) oder aus den Versuchen von Thauer (1955) deutlich hervor.

Diese Unzulänglichkeiten bestätigen bis zu einem gewissen Grade die Meinung Schrepfers, die Definition der Reliefenergie sei unzureichend. In dem Augenblick aber, in dem es gelingt eine geometrisch fixierte Konzeption für die obere und für die untere Begrenzungsfläche des Reliefs anzugeben, ändert sich das. Mit dem Reliefsockel als der unteren Begrenzungsfläche eines Skulpturreliefs und der Reliefhüllfläche als dessen oberer Begrenzung, sind zwei Meßflächen gegeben, die zweifellos den Bedingungen genügen, welche Partsch vorschwebten. Es sind allerdings keine Ebenen, wie Partsch sich unzulänglich ausdrückte. Aber es ist ja überhaupt undenkbar, mit einer einzigen Ebene die Gipfel des Landes und mit einer anderen alle seine Talgründe zusammenzufassen. Beide Flächen, sowohl die Oberfläche des Reliefsockels als auch die Reliefhüllfläche weichen mit ihren geringen Neigungen immerhin nur mäßig von Ebenen ab. Sie sind überdies, was jedenfalls sehr wichtig ist, an jedem Punkt genau in ihrer Tiefen- bzw. Höhenlage bestimmbar.

Der jeweilige Vertikalabstand der Hüllfläche und der Sockelfläche des Reliefs voneinander wäre demnach die sogenannte Reliefenergie, bzw. wir wollen ihn lieber „Mächtigkeit des Skulpturreliefs“ oder „Skulpturreliefmächtigkeit“ nennen. Denn schon oft sind Bedenken gegen die unsachgemäße Verwendung des Begriffes Energie in dem Wort Reliefenergie geäußert worden und es hat nicht an Versuchen gefehlt, neue Ausdrücke zu schaffen. Der Ausdruck Skulpturreliefmächtigkeit beschreibt genau, um was es sich handelt. Er kennzeichnet die Mächtigkeit des von den Skulpturvorgängen bereits ausgearbeiteten Teils des Gesamtreliefs, zu welchem letzterem ja auch der Reliefsockel hinzugerechnet werden muß.

Projiziert man beide Flächen übereinander, wie es auf den beiden Blättern geschehen ist, so ergeben sich zahlreiche Schnittpunkte der projizierten Isolinien beider Flächen. Wird an diesen Punkten der Vertikalabstand die Meterzahl des vertikalen Abstandes von Sockel und Hüllfläche notiert, so hat man die entsprechenden örtlichen Werte der Mächtigkeit des Skulpturreliefs. Ist dieses Punktenetz noch zu weitmaschig, dann kann man durch Interpolation von weiteren Isolinien des Höhenbildes der Sockelfläche und gegebenenfalls auch der Hüllfläche eine starke Punktzunahme erzielen. Durch Verbinden der Punkte gleichen Wertes der Skulpturmächtigkeit erhält man deren Isoliniendarstellung.

Diese neue Art der Darstellung der Mächtigkeit des Skulpturreliefs weicht etwas von den Vorstellungen von Waldbaur (1958) ab, der ja nur den sichtbaren und meßbaren Gegensatz zwischen Berg und Tal als Reliefenergie gelten läßt. Dem ist aber entgegenzuhalten daß der sichtbare Höhenunterschied mehr oder minder niemals vertikal übereinanderliegende Berührungspunkte in Beziehung setzt, sondern daß in ihm eine gewisse, von Fall zu Fall verschiedene perspektivische Verkürzung eingeht. Hierin liegt zweifellos eine Schwäche

des Prinzips, nur den sichtbaren Höhenunterschied als Maß für die sogenannte Reliefenergie gelten zu lassen. Der Vertikalabstand von Sockelfläche und Hüllfläche des Reliefs ist zwar nicht so unmittelbar anschaulich, aber er ist streng faßbar und er hat eine unmittelbare Bedeutung für die Kennzeichnung des Abtragungszustandes des betreffenden Gesamtreliefs. Außerdem kommt diese Vorstellung der ursprünglichen Definition der sogenannten Reliefenergie von Partsch wohl am nächsten.

Ein Vergleich mit den bisherigen Entwürfen der Darstellung der sog. Reliefenergie ist nur bedingt möglich, da ihre sog. Reliefenergie nicht nach der Definition Partschs erfaßt wurde. Allgemein besitzt aber der Begriff der Skulpturreliefmächtigkeit Vorteile.

Die Begrenzungsflächen, Reliefsockel und Reliefhüllfläche stellen, jede für sich genommen, wesentliche Merkmale des Abtragungsreliefs dar. Sie dienen nicht nur als Mittel zur Erarbeitung der Skulpturreliefmächtigkeit, sondern diese ist ein bedeutungsvolles Begleitresultat der verbindenden Auswertung beider Flächen. Der übergroße Zeit- und Arbeitsaufwand, der bislang bei der Konstruktion von Karten der Reliefenergie zu den gewonnenen Ergebnissen in keinem rechten Verhältnis stand, ebenso die oft nicht sehr günstige Bewertung, die diese Karten erfuhren (vgl. z. B. O. Lehman in Mitt. d. Geogr. Ges. Wien 72, 1929, S. 292–334), werden bei Darstellungen der Mächtigkeit des Skulpturreliefs wohl nicht zu befürchten sein.

Bei den meisten bisherigen Versuchen wurde die sogenannte Reliefenergie vom Gipfel zum Tal gemessen, also quer zur Talrichtung. Das Gefälle des Tales selbst, die Reliefenergie des Talgrundes, blieb unbeachtet. An Stelle dieser quasi linearen Betrachtung tritt nun die Möglichkeit zum flächenmäßigen Erfassen der Mächtigkeit des Skulpturreliefs. In einer Isolinien-Darstellung der Skulpturreliefmächtigkeit sind die Bewegtheit der Erdoberfläche, die relativen Höhen (Paschinger, 1934) und die Taltiefe (Schrepfer, 1933) oder Einschnitttiefe (Lucerna, 1943) vereinigt, die bisher nur gesondert in verschiedenen Karten abgebildet werden konnten. Durch Unterlagen des Höhenlinienbildes wird dabei die Orientierung gewährleistet.

Es könnte gegen die neue Methode eingewendet werden, daß durch das Ablösen der Talängsprofile von der Sockeloberfläche, also bei einem Ansteigen des Talgrundes von über $10^0/_{00}$, die Skulpturreliefmächtigkeit und die sogenannte Reliefenergie nicht mehr identisch sind. Bei über $10^0/_{00}$ Talgrundneigung findet aber bereits ein allmählicher Übergang von der Talgrundneigung zu einer Hangfurchenneigung statt. Die Tiefenlinien von Hangfurchen jedoch sind bei allen Versuchen der Darstellung der sogenannten Reliefenergie bisher niemals als Ausgangspunkte der Wertbestimmung benutzt worden. Sollte es doch einmal vorkommen, daß wie etwa bei den obengenannten Quelltälern des Hinterrheins (Valle di Lei, Madrisertal, Avers), der Reliefsockel einen großen Abstand von den Talgründen erreicht, so bedeutet dies eben, daß diese Täler durch die tiefe Erosion auf der Alpen-Südseite bereits in eine Lage zur allgemeinen Zerschneidungstiefe gekommen sind, welche für die Skulpturreliefmächtigkeit berücksichtigt werden muß, obwohl in den Quelltälern des Hinterrhein selbst dies nicht unmittelbar augenfällig wird.

Die neue Methode stellt nicht den ersten Versuch dar, die Skulpturreliefmächtigkeit (Reliefenergie) mehr im Sinne von Partsch zu erfassen. Bereits von G. Sandner (1956) wurde unter Benützung zweier Bezugssysteme ein ähnlicher Schritt unternommen. Sandner zeichnete eine Karte „Schematische Höhenschichten“ und eine Karte „Linien gleicher absoluter Höhe von Talböden“. Durch Übereinanderprojizieren dieser Skizzen und durch Verbinden gleicher Vertikalabstandswerte dieser Höhenschichten von den Linien gleicher Talbodenhöhe erhält er „Linien gleicher Höhendifferenz zwischen dem Niveau der Höhenscheitel und dem der Talgründe“.

Eine strenge geometrische Vorschrift für die Konstruktion seiner „Schematischen Höhenschichten“ und seiner „Linien gleicher absoluter Höhe von Talböden“ gibt Sandner aber nicht. Das Kärtchen „Schematische Höhenschichten“ ist nichts anderes als eine Skizze der Gipfelflur und dementsprechend mit deren Unsicherheiten behaftet. Das gleiche gilt auch für das andere Kärtchen, so daß dem persönlichen Ermessen recht großer Spielraum gelassen wird. Gegenüber diesem Verfahren von Sandner gewährleistet daher erst unsere neue Darstellungsweise der Skulpturreliefmächtigkeit die notwendige Ausschaltung der persönlichen Willkür.

Zum Schluß seien, um einen groben Überblick zu vermitteln, einige Werte der Skulpturreliefmächtigkeit auf beiden Karten mitgeteilt. Ebenso deutlich, wie im Formenbild der Hüllfläche, treten auch jetzt wieder die höchsten Alpengruppen deutlich hervor, denn es ergeben sich z. B. für:

Gruppe	Höchste Erhebung		Skulpturreliefmächtigkeit
Mont Blanc-Gruppe	Mont Blanc	4810 m	4100 m
Walliser Alpen	Dufourspitze	4635 m	4000 m
Berner Alpen	Finsteraarhorn	4273 m	3500 m

Von den, auf den beiden Blätter erfaßten Gruppen der Ostalpen ist es lediglich die Bernina-Gruppe, die eine sehr hohe Mächtigkeit des Skulpturreliefs besitzt. Mit 3500 m treten hier die höchsten Werte der Ostalpen überhaupt auf. Alle anderen Gebiete, auch die der Schweizer Alpen, fallen trotz ihrer beträchtlichen absoluten Höhen stark ab:

Gruppe	Höchste Erhebungen		Skulpturreliefmächtigkeit
Ortler-Gruppe	Ortler	3899 m	3200 m
Glarner Alpen	Tödi	3634 m	3000 m
Adula-Gruppe	Rheinwaldhorn	3402 m	3000 m
Uerner-Alpen	Dammastock	3630 m	2900 m
Bündner Alpen	Pizzo Tambo	3279 m	2800 m
	Piz Stella	3163 m	2800 m

In den vielen übrigen Gruppen erreicht die Skulpturreliefmächtigkeit kaum noch 2500 m:

Gruppe	Höchste Erhebungen		Skulpturreliefmächtigkeit
Tessiner Alpen	Campo Tencia	3075 m	2600 m
Bergamasker Alpen	Pizzo di Coco	3052 m	2600 m
	Pizzo Radorta	3037 m	2600 m
Rätikon	Schesaplana	2964 m	2300 m
Lechtaler Alpen	Parseier Spitze	3034 m	2300 m
Dachstein-Gruppe	Hoher Dachstein	2996 m	2300 m
Ferwall-Gruppe	Hoher Riffler	3160 m	2200 m
Allgäuer Alpen	Gr. Krottenkopf	2657 m	1800 m
	Hohes Licht	2651 m	1800 m

Stellt man die Bergamasker Alpen den Lechtaler Alpen, dem Rätikon und der Dachsteingruppe gegenüber, dann ergibt sich, daß trotz gleicher absoluter Höhen (annähernd 3000 m) und gleicher Entfernung vom Alpenrand (40–50 km) ein Unterschied der Skulpturreliefmächtigkeit von über 300 m besteht. Es kommt hier wiederum die Lage der Erosionsbasis deutlich zum Ausdruck, im Süden um 200–300 m, im Norden 400–700 m, also ein Unterschied von 300–400 m.

E. ZUSAMMENFASSUNG

1. Die Gipfelflur ist in der Definition und demzufolge auch in der Erklärung ihrer Entstehung, ebenso in der Verbindung mit dem übrigen Formenschatz des Gebirges, endlich in ihrer kartenmäßigen Darstellung mit vielen Unzulänglichkeiten behaftet, ja sie ist für einzelne Alpentile (insbesondere für die Westalpen) überhaupt fragwürdig. Sie ist demnach als Arbeitsgrundlage zur Gewinnung von Hypothesen wenig geeignet.
2. Es ist deshalb die Aufgabe dieser Arbeit eine Fläche anzugeben, die die genannten Mängel nicht aufweist. Sie soll nach Möglichkeit Grundzüge der Reliefgestaltung deutlich hervorheben und soll auch Aussagen über die Morphogenese erlauben. Dazu ist die Reliefhüllfläche, so soll die neue Fläche genannt werden, in der Lage, weil ihre Gestalt durch Gipfel bestimmt wird, die nach geometrischen Grundsätzen ausgewählt sind. Diese Bedingung führt gleichzeitig zu einer definierten kartographischen Darstellungsweise. Die Konstruktion erfüllt die Forderung leichter Ausführbarkeit.
3. Sie ist gegeben, wenn von den höchsten Kulminationen des Gebirges unter der Annahme eines gleichmäßigen Gefälles nach allen Seiten ausgegangen wird. Gipfel, die nicht unter die Hülle dieser Erhebungen fallen, werden ebenso behandelt. Durch das Aneinanderreihen all dieser Hüllen entsteht die Hüllfläche des ganzen Gebirges. Die Auswahl der Gipfelpunkte und die Verbindung der Reliefhüllfläche über Lücken hinweg sind daher nicht mehr, wie beim Entwurf von Karten der Gipfelflur dem persönlichen Ermessen überlassen, sondern ergeben sich bei der Erarbeitung automatisch. Die Konstruktion der Reliefhüllfläche ist nur beim Vorhandensein zuverlässiger Kartenunterlagen möglich.
4. Von außerordentlicher Bedeutung ist das Festlegen der Neigung der Hüllfläche. Denn diese entscheidet, inwieweit Feinheiten der Reliefgestaltung in der Hüllfläche Ausdruck finden oder nicht. Der Wert kann für die Alpen rein empirisch zwischen 4 und 6°, d. h. zwischen 75 und 100⁰/₁₀₀ angesetzt werden. In diesem Bereich vollzieht sich bei den Solifluktionserscheinungen der Alpen der Übergang von Bodenbewegungen am Ort zu Bodenumlagerungen in der Gefällsrichtung und damit zur denudativen Gestaltung des Gebirges.
5. Die Reliefhüllfläche oder kurz Hüllfläche kann definiert werden als die obere Begrenzungsfläche des Zerschneidungsreliefs, die, ohne die Eintiefungen und Skulptureinzelheiten zu berücksichtigen, die höchsten Aufragungen unter Annahme einer gleichbleibenden Neigung miteinander verbindet. Durch die Einführung eines bestimmten Neigungswertes wird sie zu einer geometrisch eindeutigen Fläche, so daß Zweifel über ihren Verlauf nicht auftreten können.
6. Diese neue Begrenzungsfläche erlaubt es, obwohl sie auf schematische Art und Weise konstruiert wurde, Gebirge miteinander zu vergleichen und dabei ihre Formeigentümlichkeiten, in denen sich genetische und klimatische Gegebenheiten widerspiegeln, näher herauszuarbeiten.
7. Reliefhüllfläche und wirkliche Oberflächenformen miteinander in Beziehung gebracht, lassen Schlüsse auf die morphologische Entwicklung spezieller Teile der Alpen zu. Wie an Hand zahlreicher Beispiele gezeigt werden konnte, sind förderliche Hinweise für die morphologische Untersuchung im Hüllflächenbild enthalten.

8. Von H. Louis wurde der Begriff des Reliefsockels entwickelt und definiert. Dieser Reliefsockel, für die Alpen konstruiert, zeigt im Verhältnis zur allgemeinen Höhe des Gebirges eine recht geringe Höhe, wie sie der Zugehörigkeit der Alpen zum „Kerbtal-typus des fluvialen Abtragungsreliefs“ (H. Louis 1960) entspricht. Es kommen aber zusätzlich noch wichtige regionale Besonderheiten des Gebirges im Bilde des Relief-sockels zum Ausdruck. Sie rühren von der unterschiedlichen Höhenlage der Erosions-basis am nördlichen und südlichen Alpenrand her.
9. Sockelfläche und Hüllfläche des Reliefs erlauben (übereinander projiziert) quantitative Aussagen über die Ausbildung des Abtragungsreliefs. Der wechselnde Abstand zwischen beiden Flächen kann als zahlenmäßiger Ausdruck für die Zerschneidungstiefe eines Landblockes dienen. Er entspricht weitgehend Partschs Definition der sogenannten Reliefenergie. Der terminologisch ungute Begriff Reliefenergie wird durch den Aus-druck „Mächtigkeit des Skulpturreliefs“ ersetzt.
10. Die neue Möglichkeit zum Erfassen der Skulpturreliefmächtigkeit ist gegenüber der Feldermethode, der sogenannten Reliefenergiebestimmung, durch das Loslösen von einer schematischen Feldereinheit gekennzeichnet. Gegenüber der Kurvenmethode der Re-liefenergiebestimmung hat sie den Vorzug, frei von persönlicher Willkür zu sein. Kon-struktionsgrundlagen sind die Deckungspunkte der Isolinienbilder von Sockelfläche und Hüllfläche. An ihnen kann jeweils die Meterzahl des Vertikalabstandes von Sockel-fläche und Hüllfläche abgelesen werden. Linien gleicher Werte dieses Vertikalabstandes ergeben die Isoliniendarstellung der Mächtigkeit des Skulpturreliefs.

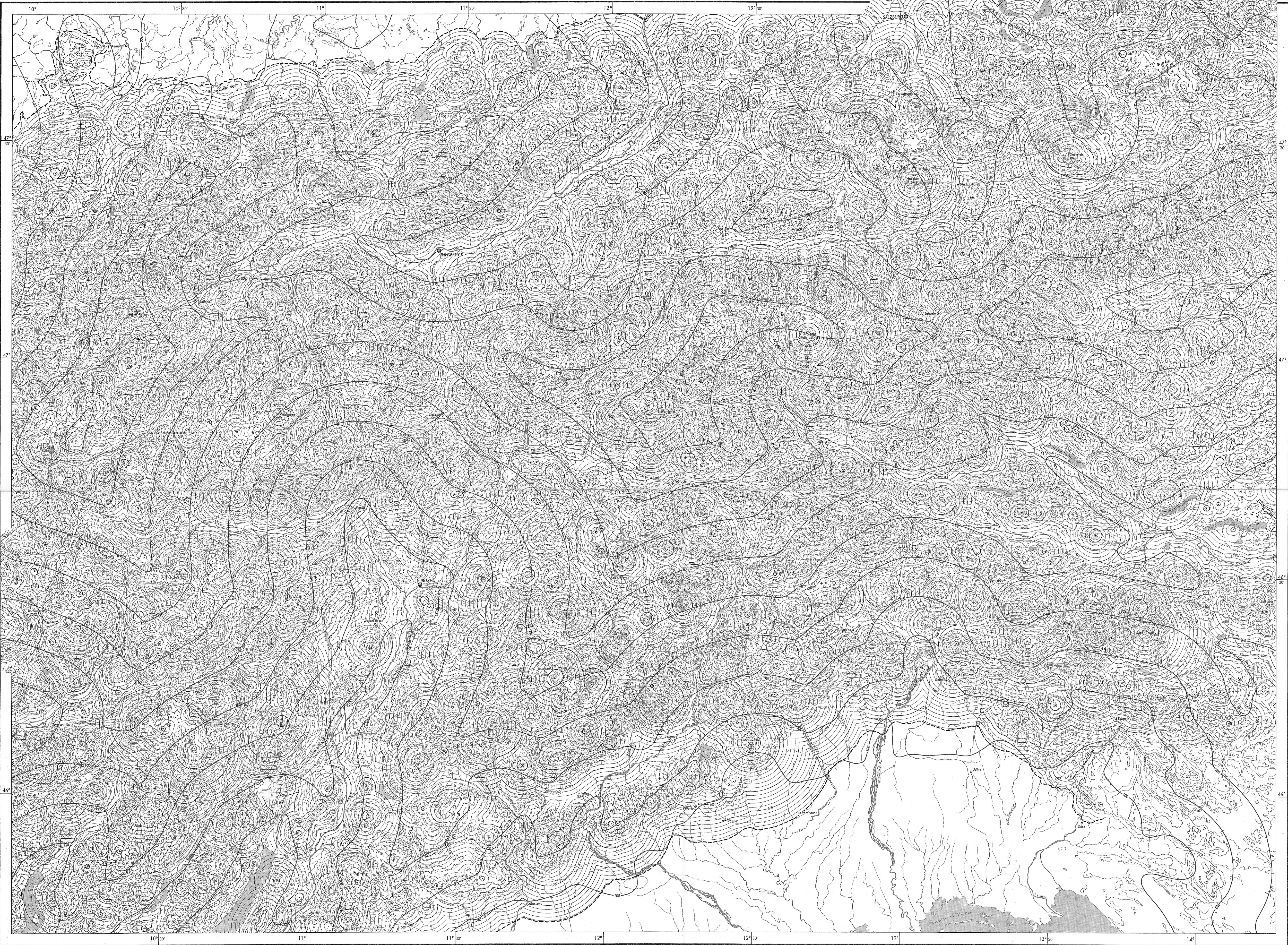
F. LITERATURVERZEICHNIS

- Aigner, A.: Die geomorphologischen Probleme am Ostrande der Alpen. Z. f. Geom. 1, 1926, S. 105–153.
- Annaheim, H.: Die Gipfelflur der Tessiner Alpen. Verh. d. Schweiz. Naturf. Ges., 123, 1943, S. 173–174.
- Annaheim, H.: Studien zur Geomorphogenese der Südalpen zwischen St. Gotthard und Alpenrand. Geogr. Helvetica 1, 1946, S. 65–149.
- Behrmann, W.: Die ältesten Züge im Antlitz der Alpen. Geogr. Anz., 34, 1933, S. 129–136.
- Bremer, E.: Das präglaziale Relief der Ostalpen und dessen Bedeutung für den heutigen Formenschatz des Gebirges. Diss. Halle 1933.
- Brinkmann, R.: Gipfelflur und Lagerstättenstockwerke in den Alpen. Nachr. d. Ges. d. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Klasse 1928, S. 217–231.
- Brückner, E.: Alte Züge im Landschaftsbild der Ostalpen. Z. d. Ges. f. Erdkunde Berlin, 1923, S. 95–104.
- Brüning, K.: Die Reliefenergie des Harzes. Jb. d. Geogr. Ges. Hannover, 1927, S. 44–50.
- Büdel, J.: Die klimamorphologischen Zonen der Polarländer. Erdkunde, 2, 1948, S. 22–53.
- Cadisch, J.: Zur Talgeschichte von Davos. Jber. Naturf. Ges. Graubünden, N. F. 44, Chur 1926, 99. S. 285–299.
- Cornelius, H. P.: Zum Betrag der jugendlichen Hebung der Alpen. Mitt. d. Geogr. Ges. Wien, 92, 150, S. 161–171.
- Furrer, G.: Die Strukturbodenformen der Alpen. Geogr. Helvetica, 10, 1955, S. 193–213.
- Heim, A.: Geologie der Schweiz. 2 Bde., Leipzig 1919–1922.
- Heim, A.: Über die Gipfelflur der Alpen. Vierteljahresschrift d. Naturf. Ges. Zürich, 67, 1922, S. 45–66.
- Heim, A.: Die Gipfelflur der Alpen. Neujahrsblatt d. Naturf. Ges. Zürich, 129, 1927.
- Henning, E.: Zur Entwicklung des Schweizer Flußnetzes. Jber. Geogr. Ges. Bern, 39, 1948, S. 11 bis 16.
- Jennings, A. V.: The Geology of the Davos District. Quart. Journal Geol. Soc. London, 55, 1899.
- Kautsky, F.: Die jüngeren Verbiegungen in den Ostalpen und ihr Ausdruck im Schwerebild. Sber. d. Akad. d. Wiss. Wien, 133, 1924.
- Klebelberg, R. v.: Die Haupt-Oberflächensysteme der Ostalpen. Verh. d. Geol. Bundesanstalt Wien, 1922, S. 1–23.
- Klebelberg, R. v.: Das Antlitz der Alpen. Z. d. Deut. Geol. Ges., 77, 1925, S. 372–390.
- Klebelberg, R. v.: Die Erhebung der Alpen. ebda., S. 275–284.
- Klebelberg, R. v.: Geologie von Tirol. Berlin 1935.
- Krebs, N.: Eine Karte der Reliefenergie Süddeutschlands. Pet. Mitt. 68, 1922, S. 49–53.
- Krebs, N.: Die Ostalpen und das heutige Österreich. Stuttgart 1928.
- Kuhn, E. und Vonderschmitt, L.: Geologische und paläontologische Probleme des Südtessins. Ecl. geol. Helv., 46, 1953.
- Lamprecht, F.: Zwei Beiträge zur Analyse alpiner Formen. Dresdner Geogr. Studien, 4, 1933.
- Lehmann, O.: Beiträge zur gesetzmäßigen Erfassung des Formenablaufs bei ständig bewegter Erdrinde und fließendem Wasser. Mitt. d. Geogr. Ges. Wien, 65, 1922, S. 55–78.
- Leutelt, R.: Die Gipfelflur der Alpen. Geol. Rsch., 20, 1929, S. 330–337.
- Levy, F.: Die Gipfelflur der westlichen Hochalpen. Pet. Mitt., 67, 1921, S. 94.
- Lex, F.: Karte der relativen Höhen, 1:750000. Kämtner Heimatatlas, Teil 2, Karte 4, Wien 1925.
- Leyden, F.: Die Entwicklung der Alpen zum Hochgebirge. Geol. Rsch., 13, 1922, S. 18–40.
- Leyden, F.: Grundfragen alpiner Formenkunde. Geol. Rsch., 15, 1924, S. 193–215.

- Louis, H.: Der Reliefsockel als Gestaltungsmerkmal des Abtragungsreliefs. Stuttgarter Geogr. Studien, 69, 1957 (Hermann Lautensach-Festschrift), S. 65–70.
- Louis, H.: Allgemeine Geomorphologie. Lehrbuch der Allgemeinen Geographie, Bd. 1, Berlin 1960.
- Lucerna, R.: Einschnittiefe. Mitt. d. Geogr. Ges. Wien, 86, 1943, S. 172–176.
- Machatschek, F.: Morphologische Untersuchungen in den Salzburger Kalkalpen. Ostalpine Formenstudien Abt. 1, 4, 1922.
- Machatschek, F.: Morphologische Probleme in den Alpen. Mitt. d. Geogr. Ethnogr. Ges. Zürich, 25, 1926. S. 5–21.
- Machatschek, F.: Talstudien in der Innerschweiz und Graubünden. Mitt. d. Geogr.-Ethnogr. Ges. Zürich, 27/28, 1927/28, S. 1–38.
- Machatschek, F.: Zur Morphologie der Schweizer Alpen. Sonderbd. z. Hundertjahrfeier d. Ges. f. Erdkunde Berlin, 1928, S. 232–273.
- Machatschek, F.: Neuere Ergebnisse der Hochgebirgsmorphologie. Geogr. Anz., 31, 1930, S. 305–311.
- Machatschek, F.: Tal- und Glazialstudien im oberen Inngebiet. Mitt. Geogr. Ges. Wien, 76, 1933. S. 5–48.
- Machatschek, F.: Das Relief der Erde. Berlin 1938 (1955).
- Machatschek, F. und Staub, W.: Morphologische Untersuchungen im Wallis. Ecl. geol. Helv., 20, 1926/27, S. 335 bis 379.
- Mojsisovics, E. v.: Die Dolomitriffe in Südtirol und Venetien. Wien 1879.
- Marawetz, S. O.: Beiträge zur Geomorphologie der Kreuzeck- und Reißbeckgruppe. Veröff. d. Geogr. Inst. d. Univ. Graz, 3, 1930.
- Marawetz, S. O.: Zur Oberflächengestalt der Ostalpen. Mitt. d. Geogr. Ges. Wien, 92, 1950, S. 3–17.
- Nussbaum, F.: Die Tal- und Bergformen des Vispgebietes. Jb. d. SAC, 46, 1910/11, S. 228–250.
- Orth, G.: De Dalontwikkeling van het Boven-Engadin. Diss. Leiden 1935.
- Partsch, J.: Schlesien. Eine Landeskunde für das deutsche Volk auf wissenschaftlicher Grundlage. Zweiter Teil: Landschaften und Siedlungen. Breslau 1911.
- Paschinger, V.: Die relativen Höhen von Kärnten. Pet. Mitt., 80, 1934, S. 331–333.
- Penck, A.: Über Denudation der Erdoberfläche. Schr. z. Verbr. naturwissenschaftl. Kenntnisse, 27, Wien 1886/87.
- Penck, A.: Die Gipfflur der Alpen. Sber. d. Preuß. Akad. d. Wiss., 17, Berlin 1919, S. 256–268.
- Penck, A.: Das Antlitz der Alpen. Die Naturwissenschaften, 12, 1924, S. 1000–1007.
- Penck, W.: Die tektonischen Grundzüge Westkleinasiens. Stuttgart 1918.
- Preiswerk, H.: Vom Gestein im Tessin. Die Alpen, 1, 1925, S. 441–461.
- Richter, M.: Zum Problem der alpinen Gipfflur. Z. f. Geom., 4, 1929, S. 149–160.
- Sandner, G.: Der Kellerwald und seine Umräumung. Marburger Geogr. Schr., 4, 1956.
- Schrepfer, H.: Der Kaiserstuhl. Hrsg. v. Bad. Landesverband f. Naturkunde und Naturschutz, Freiburg 1933.
- Schrepfer, H. und Kallner, H.: Die maximale Reliefenergie Westdeutschlands. Pet. Mitt. 76, 1930, S. 225–227.
- Schwinner, R.: Die Oberflächengestaltung des östlichen Suganergebietetes. Ostalpine Formenstudien Abt. 2, 3, 1923.
- Sölch, J.: Grundfragen der Landformung in den nordöstlichen Alpen. Geografiska Annaler 4, 1922, S. 174–193.
- Sölch, J.: Das Formenbild der Alpen. Geogr. Z. 31, 1925, S. 193–204.
- Sölch, J.: Fluß- und Eiswerk zwischen Ötztal und St. Gotthard. Pet. Mitt. Erg. H. 219/220, 1935.
- Staff, H. v.: Zur Morphogenie der Präglaziallandschaft in den Westschweizer Alpen. Z. d. Deut. Geol. Ges. 64, 1912, S. 1–80.
- Staub, W.: Kleintektonik und Talbildung in den Vispertälern. Schweizer Geograph, 1935, S. 54–57.

- Staub, W.: Pliozäne Verebnungen und Flußläufe in den schweizerischen Zentralalpen. *Erdkunde*, 11, 1957, S. 124-128.
- Thauer, W.: Neue Methoden zur Berechnung und Darstellung der Reliefenergie. *Pet. Mitt.*, 99, 1955, S. 8-13.
- Valkenburg, S. v.: Beiträge zur Frage der präglazialen Oberflächengestalt der Schweizer Alpen. Diss. Zürich 1918.
- Waldbaur, H.: Die Reliefenergie in der morphographischen Karte. *Pet. Mitt.* 96, 1952, S. 156-167.
- Waldbaur, H.: Zur Karte „Landformen im mittleren Europa“ 1:200000. *Wiss. Veröff. d. Deut. Inst. f. Länderkunde Leipzig*, N. F. 15/16, 1958, S. 134-177.
- Winkler-Hermaden, A. v.: *Geologisches Kräftespiel und Landformung*. Wien 1957.

RELIEFHÜLLFLÄCHE UND RELIEFSOCKELFLÄCHE DER ALPEN ZWISCHEN MONT BLANC UND ANKOGEL OSTL. BLATT

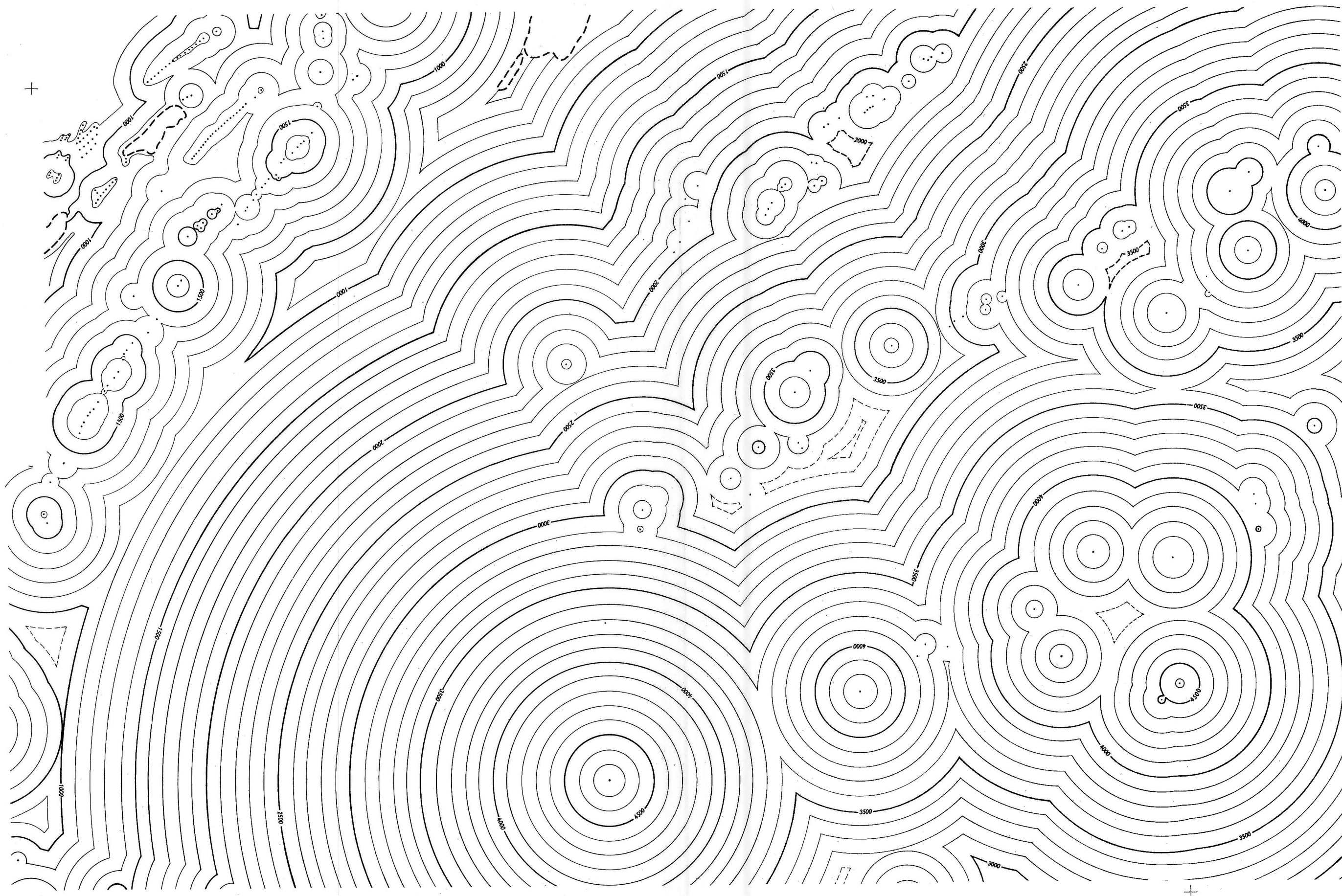


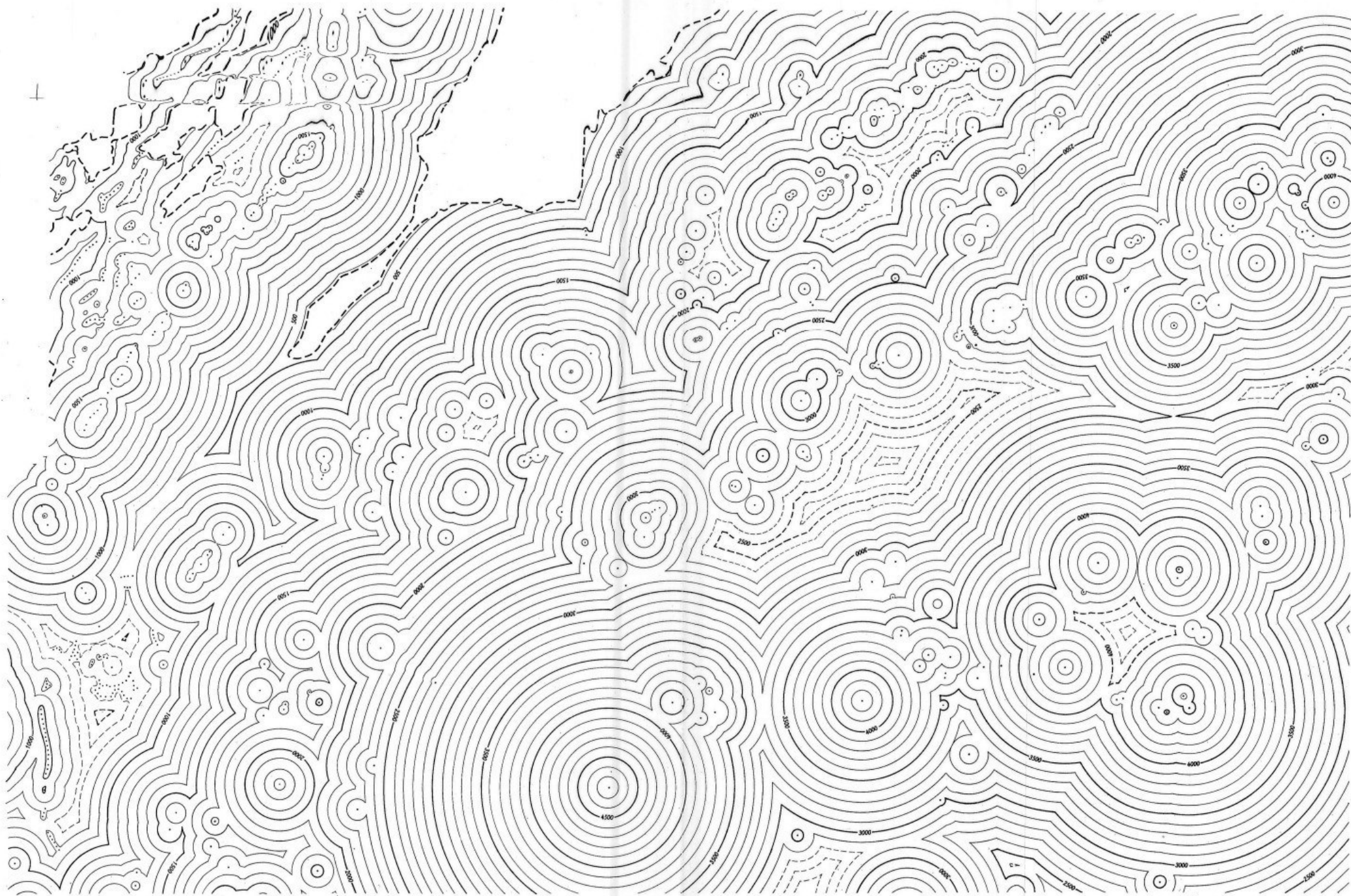
Bayrische Akademie der Wissenschaften
Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse
Abhandlungen. Neue Folge, 1963 Heft 104

Maßstab 1:500000
5 0 5 10 15 20 25
km

Druck: Bayer. Landesvermessungsamt, München 1963

Aquidistanz der Höhenlinien des Reliefs 250 m (braun)
Aquidistanz der Höhenlinien der Reliefhüllfläche 100 m (schwarz)
Neigung der Reliefhüllfläche 100‰
Aquidistanz der Höhenlinien der Reliefssockelfläche 100 m (rot)
Neigung der Reliefssockelfläche maximal 10‰





RELIEFHÜLLFLÄCHE UND RELIEFSOCKELFLÄCHE DER ALPEN ZWISCHEN MONT BLANC UND ANKOGEL

WESTLICHES BLATT

