

## Zur Genese von Hochland, Vorland (Strandflats) und Schelf im südöstlichen Spitzbergen<sup>1</sup>

VON

HANS-GÜNTHER STERNBERG

Es bestehen in der Geomorphologie kaum noch Zweifel darüber, daß die hochgelegenen, z. T. stufenförmig angelegten Flachformen, welche die subarktischen und selbst noch die arktischen Inseln und Gebirge überziehen, Vorzeitformen sind, die ihre Entstehung einem anderen, wesentlich wärmeren Klima verdanken. Über die Stufenfolge wissen wir jedoch wenig Sicheres, weshalb wir auch über die Genese dieser Gebiete nur erst mangelhafte Kenntnis besitzen. Jede neue Untersuchung trägt nicht selten auch neue Ansichten vor, so daß unser Bild dadurch, statt schärfer zu werden, nur eine umso breitere Streuung erfährt. Stark umstritten ist insbesondere das Verhältnis der höheren zu den tieferen, im oder unter dem heutigen Meeresniveau gelegenen Flachformen, der Küstenebene und dem Schelf. Aus den Untersuchungen über die Landformen werden sie meist völlig ausgeklammert, während umgekehrt Monographien über die Strandflats das Hinterland gewöhnlich unberücksichtigt lassen.

Die Unstimmigkeiten und Widersprüche, die jeder Vergleich zwischen den bisher vorliegenden Untersuchungsergebnissen aufzudecken vermag, werden z. T. verständlich, wenn man die Schwierigkeiten bedenkt, welche einer Formenanalyse in den Gebirgen hoher Breiten — insbesondere den hier stärker interessierenden zirkumskandischen — entgegenstehen. Sie beginnen damit, daß jüngere Tertiärschichten und Verwitterungsböden fehlen und infolgedessen weder die Flächenbildungsprozesse noch jüngere Krustenbewegungen, insbesondere Hebungen und evtl. tektonische Verstellungen, exakt datiert werden können. In einem aufgelösten Bergland wird dadurch aber auch die Zuordnung

1) Der Beitrag knüpft an Untersuchungen an, die von A. Wirthmann während der beiden Stauerland-Expeditionen 1959 und 1960 auf der Edge-Insel durchgeführt wurden. Es erscheint gerechtfertigt, auf die nur im Umkreis der Edge-Insel gewonnenen und auf diesen relativ kleinen Raum bezogenen Ergebnisse näher einzugehen, da sie über die regionalen Befunde hinaus zur Kenntnis der Genese wichtiger Großformen eines weiteren Erdraumes beizutragen vermögen. Durch wertvolle Beobachtungen über Weiterbildung und Zerstörung eines älteren Reliefs in einem Gebiet der Frostschuttzone gewinnt die Arbeit weiterhin Bedeutung für die Altformenforschung in allen ehemals vereisten oder eisnahen Gebieten. Über Einzelheiten vergleiche man: Wirthmann, Alfred: Die Landformen der Edge-Insel in Südostspitzbergen. — Wiesbaden: Franz Steiner Verlag 1964. VIII, 53 S., 30 Abb., brosch. 18,— DM (= Ergebnisse der Stauerland-Expedition 1959/60, hrsg. von Julius Büdel und Alfred Wirthmann, Heft 2).

einzelner, isolierter Flächenstücke ungeheuer erschwert. Hier wird sich immer die Frage erheben, ob diese ein eigenes Niveau vertreten, dem nächsttieferen oder dem nächsthöheren zugeordnet werden könnten oder aber mit dem tieferliegenden und dem höherliegenden Flächenstück ein einziges, durch Schrägstellung und Zerschneidung nur deformiertes und maskiertes Denudationsniveau darstellen. Hierin liegt m. E. auch eines der Kernprobleme der ganzen Altflächenforschung. Es wird klar, daß Phantasie und persönlicher Auffassung ein weiter Spielraum gesetzt ist, in dem sich denn auch die Theorien üppig tummeln. Erschwerend tritt nun ferner hinzu, daß die aus tertiären Warmklimaten stammenden Vorzeitformen nicht einfach entblößt vor uns liegen, so daß wir sie nur noch zu anatomieren brauchten, sondern daß sie durch zwei jüngere, aber ebenfalls noch vorzeitliche Formbildungsvorgänge überprägt wurden. Es sind dies die unmittelbar präglaziale mit der fast nicht von dieser zu trennenden interglazialen fluviatilen Gestaltung und die glaziale Überformung. Wir glauben indes zu wissen, daß fluviatile und glaziale Vorgänge das Bild der präquartären Formen nicht wesentlich umzugestalten vermochten, auch wenn sie diesen z. T. neue, eigene Züge hinzufügten. In Einzelheiten aber hat die Forschung noch keine Einmütigkeit erreicht. So ist u. a. das Ausmaß der glazialen Abtragung teilweise umstritten und sind die formbildenden Vorgänge unter der Inlandeisdecke noch zu wenig bekannt. Hier sei nur an das Problem der Rundhöckerfluren in Zusammenhang mit der durch Büdel in seiner Theorie der doppelten Einebnungsflächen aufgeworfenen Frage ihrer Herleitung aus tropischen Grundhöckern erinnert. — In hochpolaren Gebieten sind aber auch die glazialen Formen schon wieder, wenigstens in morphologisch „weichen“ Gesteinen, verschleiert durch Vorgänge der Frostverwitterung und Solifluktion, deren große Prägekraft uns in den letzten Jahrzehnten vor allem durch Büdel aufgezeigt wurde.

Dies alles macht, daß Untersuchungen über den Altformenschatz in ehemals vereisten Gebieten trotz einer vorgeblichen Einfachheit, die ihnen gelegentlich gern zugesprochen wird, zu den schwierigsten und zugleich undankbarsten Aufgaben gehören, die die Geomorphologie zu vergeben hat. Dennoch sind seit der Jahrhundertwende immer wieder solche Studien aus dem skandinavischen Gebirgsland, Schottland und aus anderen, in der jüngeren Erdgeschichte starken Klimawandlungen ausgesetzt gewesenen Gebieten vorgelegt worden. Nach dem Gesagten darf es nicht wundernehmen, daß bei den schließlichen Ergebnissen der Grad der Übereinstimmung nicht sehr groß ist. Gerade in ihren Auffassungen zu grundlegenden Fragen, wie etwa der Zahl der Flächen-generationen (Denudationsniveaus), der Art der Hebung, möglichen tektonischen Verstellungen und der Rolle von Verwerfungen sowie dem Bildungsmechanismus der Strandebene weichen die einzelnen Autoren beträchtlich voneinander ab, wobei ihre Ansichten die ganze Breite der Möglichkeiten überhaupt umspannen. Deshalb aber wird man jede Untersuchung, die zur Klärung der vielfältigen Probleme beitragen kann, dankbar begrüßen.

\*

Aber werden mit jeder neuen Untersuchung nicht bloß neue Hypothesen vorgetragen, die einfach nicht zu beweisen sind? Gegenüber früheren Studien besitzen die von Wirthmann vorgelegten den Vorteil, daß sie mit erweiterter Fragestellung und verfeinerten Arbeitsmethoden durchgeführt wurden<sup>2</sup>.

Nachdem aber die Rumpfflächen der Ektropen einmal als fossile Formen eines tertiären Warmklimas erkannt worden sind, können und müssen die Formengruppen der rezenten Flächenbildungszone auch vergleichsweise zur Deutung des Altformenschatzes herangezogen werden<sup>3</sup>. Ferner kann man die Altformen nicht bloß als überkommene Formen werten, sondern muß auch die Frage nach den Veränderungen stellen, denen sie seit ihrer Bildung unterworfen waren. Dieser an sich selbstverständlichen Forderung konnte bei den bisherigen Arbeiten nicht immer und überall Genüge getan werden, da die Abtragungsleistung der glazialen Erosion nur selten erfaßt werden kann und die der nacheiszeitlichen Frostsprengung und Solifluktion noch ungenügend erforscht war. Für Wirthmanns Untersuchungen mußte es sich darum vorteilhaft auswirken, daß es zum Hauptanliegen der Staufarand-Expeditionen gehörte, die gegenwärtigen landformenden Vorgänge im südöstlichen Spitzbergen als einem typischen Gebiet der Frostschuttzone möglichst exakt zu erfassen.

Im Rahmen des Arbeitsplanes dieser Expeditionen oblag es Wirthmann vor allem, den präglazialen Formenschatz zu analysieren und rekonstruieren, um die heutigen Formen von einem, wie er schreibt, in der Landschaftsgeschichte fixierten Ausgangszustand herleiten zu können. Aus den einleitend dargelegten Gründen ergibt sich, daß die mögliche Entstehung der Altformen nur aus einer Analyse der heutigen Landformen erschlossen werden kann. „Dies beruht auf der Überlegung, daß die entscheidenden Phasen der Morphogenese sicher im Gesamtformenschatz ihren Niederschlag gefunden haben und daraus rekonstruiert werden können“ (S. 3)<sup>4</sup>. Arbeitshypothetisch geht W. davon aus, daß die Formenverwandschaft zwischen dem (noch unbekanntem) Hochland der Edge-Insel und den (schon durchforschten) deutschen Mittelgebirgen auffallend ist und daraus auch auf eine ähnliche Entwicklungsgeschichte geschlossen werden könne.

Es mag bedauert werden, daß sich die Arbeit in ihrer Zielsetzung zu sehr den Aufgaben der Expedition einzupassen hatte. So beschränkt sie sich räumlich auf ein doch recht eng umgrenztes Gebiet und vermag daher zur Kenntnis der Genese eines größeren Gebietes, wie es schon Spitzbergen darstellt, weniger beizutragen. Auch lag die endliche Klä-

2) In sehr gründlicher Weise hat sich bisher m. W. nur Sten Rudberg (Västerrödtens Berggrundsmorfologi, Uppsala 1954, 457 S.) mit allen Fragen der Bildung und Zerstörung eines präglazialen Reliefs auseinandergesetzt.

3) Zu ihrer Kenntnis haben in den letzten Jahrzehnten die Arbeiten von Bakker, Büdel, Jessen, Krebs, Louis, Semmel u. a. wesentlich beigetragen und uns ermöglicht, den Mechanismus tropischer Flächenbildung besser zu verstehen und dadurch den Formenschatz von Rumpfflächenlandschaften exakter zu erfassen.

4) Seitenangaben im Text ohne weitere Hinweise beziehen sich auf die in Anm. 1) genannte Arbeit von Wirthmann.

rung der Bildungsgeschichte einiger Großformen, wie Strandflut und Schelf, wohl außerhalb der eigentlichen Zielsetzung. Jedenfalls geht Wirthmann kaum auf die reichhaltige Literatur ein, wie er überhaupt anregende Diskussionen vermissen läßt. Deshalb soll das eine oder andere hier noch nachgetragen und versucht werden, Wirthmanns Ergebnisse einem größeren Rahmen einzufügen. Dies soll nach folgenden Punkten geschehen:

1. Charakter des Hochlandes,
2. Stellung des Hochlandes im Altformenschatz Spitzbergens,
3. Charakter von Vorland und Schelf,
4. Verhältnis von Hochland zu Vorland,
5. Folgerungen und Rückschlüsse, die aus diesen und anderen Untersuchungen auf die Entwicklung der zirkumskandischen Gebirge abgeleitet werden können.

\*

Die Edge-Insel war bisher geomorphologisch noch völlig unbekannt und geologisch nur erst wenig durchforscht. Sie ist aus Sedimenten der oberen Trias aufgebaut und weist noch Reste einer Juraüberdeckung und vereinzelte Vorkommen jüngerer Gesteine auf, darunter auch Basalt. Die Schichten zeigen ein schwaches Osteinfallen, so daß die Insel als ein flaches Tafelland bezeichnet werden kann. Über den meist steileren Abfällen des Küstengebietes konnte Wirthmann nun ein weithin sich dehendes Flachrelief feststellen, das die Insel zwischen 250—300 und 480 m Höhe überzieht. In die flacheren oder nur sanftwelligen Partien dieses Hochlandes sind etwas tiefere Mulden eingesenkt, die dem Relief Bewegung verleihen, es aber nicht aufgliedern. Immerhin vermögen sie auf der alten Landfläche Höhendifferenzen von mehr als 150 Metern zu erzeugen, wobei Hangneigungen bis zu 9° auftreten. Das Hochland bildet also durchaus keine Fastebene, sondern eine wellige Hochebene vom skandinavischen „Vidda“-Typus. In ihren schildförmigen Erhebungen und flachen Rücken glaubt Wirthmann nun die nur wenig erniedrigten Reste einer einst einheitlichen Rumpffläche zu erblicken. Ihre höchsten Teile liegen heute auf der Westseite der Insel; von hier dacht sich die rekonstruierte Altfläche mit einer Neigung von 4—5‰ nach E ab, dabei die flachlagernden, gleichfalls ostfallenden Gesteine unter spitzem Winkel schneidend. Dies beweist aber den Rumpfflächencharakter des Hochlandes und bietet zugleich ein weiteres Argument gegen die Auffassung, daß die Flachformen in anderen, ähnlich strukturierten Gebirgen ihre Entstehung lediglich der flachen Lagerung der Gesteine verdanken<sup>5</sup>. Reste einer alten Rumpffläche wurden auch aus anderen Teilen Westspitzbergens beschrieben und summarisch als kreidezeitlich aufgefaßt. Wirthmann hat gute Gründe dafür, diese Einstufung abzulehnen und für die Einebnung eine spätere, posteozeäne Zeit anzunehmen

---

5) Auch die Überschiebungstektonik wurde zur Erklärung von Flachformen in den kaledonischen Gebirgen herangezogen.

(S. 21). Leider besitzen wir keine Anhaltspunkte, die uns Aufschlüsse über das Klima zur Zeit der Flächenbildung geben könnten. Wenn Wirthmann meint, daß auch in einem humiden Subtropen- oder Mittelbreitenklima mit überwiegend chemischer Verwitterung eine flächenhafte Abtragung denkbar wäre, falls die Tiefenerosion außer durch Mangel an Erosionswaffen auch durch die tektonischen Umstände gehemmt war, vermag ich ihm nicht mehr zu folgen. Diese Annahme operiert mit zu vielen, wohl kaum gleichzeitig gegebenen Voraussetzungen und berücksichtigt nicht genug die gewaltigen Abtragungsleistungen, die zur Bildung einer so großen Rumpffläche, wie sie nach Wirthmanns Auffassung z. B. der Schelf darstellen soll, erforderlich wären. Nach der Ausbildung der „Hochlandfläche“ erfolgte eine kräftige Heraushebung der Randschwelle am Westsaum von Spitzbergen (S. 21), die auch die Edge-Insel erfaßte, stärker im W, etwas schwächer im E. Von den Rändern her begann ein tieferes Erosionsniveau sich in den großen Spitzbergen-Landblock einzuschneiden und diesen zu zerstören.

Vor der Behandlung weiterer Fragen ist es zunächst wichtig zu wissen, welchen zerstörenden Kräften die gehobene Rumpffläche seither ausgesetzt war, was diese Kräfte bewirkten und welchen Erhaltungsgrad demnach die Altfläche heute aufweist.

Nach der schiefen Hebung um einige hundert Meter begann — wohl im Pliozän — auch die Zertalung des Hochlandblocks. In den Muldentälern sind nach Wirthmann noch die sicher stark veränderten Reste dieser ersten Zertalung zu erblicken. Die Entwicklung wurde dann durch die beginnende Eiszeit unterbrochen, die zu einer langdauernden und wohl auch mächtigen „Inlandvergletscherung“ des ganzen Spitzbergen-Archipels führte. Begreiflicherweise ließen sich auf dem Hochland keine Anhaltspunkte für das Ausmaß der glazialen Abtragung gewinnen. Sie dürfte auf der Edge-Insel, wo sie auf dem nicht durch höhere Gebirgsländer eingeeengten Flachrelief als freie Glazialerosion wirksam war, m. E. vergleichsweise gering gewesen sein, wie es ja offensichtlich auch auf den Fjällflächen der Ostabdachung der Skanden der Fall war. Hier hatte Rudberg eine Abtragungsleistung von höchstens einigen Zehnern von Metern für wahrscheinlich gehalten. Am wenigsten wurden, wie Wirthmann feststellt, die Höhen der Edge-Insel erniedrigt, denn „hier war je die Eislast vergleichsweise am geringsten, damit auch die Erosion“ (S. 12). Diese Argumentation läßt allerdings die Fließgeschwindigkeit der Gletscher außer acht, die für die Abtragungsleistung mindestens ebenso bestimmend ist. Es ist anzunehmen, daß das abströmende Eis vor allem den Tiefenrinnen folgte, also dem Storfjord, der Olgastraße und der Erik Eriksenstraße. Hier mußten sich Eismächtigkeit und Fließgeschwindigkeit summieren, was andererseits eine relativ noch bessere Erhaltung des Höhenreliefs bewirkte. Vorhandene Reliefunterschiede wurden sicher verstärkt. Die Täler im Westen und Norden der Insel wurden zu Trogtälern umgestaltet, dabei aber nicht sonderlich übertieft. Ihre Prägung verdanken sie Wirthmann zufolge der Eigenvergletscherung der Edge-Insel, die, wie er aus den

kräftigen und frischen Formen schließt, in der Zeit nach der großen Gesamtvereisung wirksam geworden sein soll<sup>6</sup>. Während der Inter-glazialzeiten bildeten sich im Alt- oder Mittelpleistozän Muldentäler, im Jungpleistozän Kerbtäler aus. Eine Reihe tiefer, nachweislich inter-glazialer Kerbtäler zeigt aber keine glaziale Überformung, da ihre Richtung nicht mit der des Eisabflusses zusammenfiel (S. 43). Aus alledem folgt, daß die glaziale Abtragung in ihrer Gesamtwirkung erstaunlich gering war, die Vergletscherung das Altrelief nicht nennenswert umzugestalten vermochte und irgendwelche glazigenen Neubildungen keinesfalls erfolgten.

Mit dem Ende der letzten Vereisung begannen neue, andersartige Abtragungsvorgänge wirksam zu werden, die vor allem durch Frostsprengung und Bodenfließen gekennzeichnet sind. Diese gehören, wie wir wissen, zu den intensivsten, die wir neben den tropischen Verwitterungs- und Abtragungsvorgängen auf der Erde überhaupt kennen. Umso mehr muß es uns überraschen, wenn Wirthmann feststellt, daß die Abtragungsleistung von flächenhaft wirkender Solifluktion und Abspülung auf den flacheren Teilen des Hochlandes ungemein gering ist (S. 24). Auf einem Flachrelief unter 2° Neigung zeigen sich überhaupt nur völlig ortsfeste Kryoturbationsformen oder kaum bewegte Steinpflaster. In Übereinstimmung mit Büdel nimmt er an, daß hier die flächenhafte Abtragung durch Abspülung seit dem Schwinden der letzten Vergletscherung (vor etwa 10—15 000 Jahren) kaum einen Meter betragen habe! Erst bei einem Gefälle um 2° beginnt dann das Wandern der Auftau-Schuttdecke. Aber auch, wo das Relief bewegter ist (bis zu 12° Neigung) tritt nur mäßig starkes Bodenfließen auf, das vor allem durch Steinstreifen gekennzeichnet ist. Wirthmann glaubt, daß der Abtragungsmechanismus der Frostschutzzone der Erhaltung der Altflächen geradezu entgegenkommt (S. 12). Eine linienhafte Erosion wird auf dem Hochland nach seinen Beobachtungen durch die Nähe der Schneegrenze gehemmt und ist nur unbedeutend (S. 11 und 24). Dagegen sind die Altflächen randlich durch schluchtartige Kerbtäler aufgeschlitzt, die sich hier im Holozän infolge rascher Landhebung bis zu 50 m tief eingeschnitten haben. Der solifluidalen Abtragung der Hochfläche wird dadurch jedoch kein Vorschub geleistet, im Gegenteil, infolge einer besseren Drainage trocknen die Randzonen zwischen Tal und Fläche besser aus. Dies hat zur Folge, daß die Kryoturbation im Auftauboden gehemmt wird und an diesen Stellen sogar Dünenbildung eintreten kann. Wo das Flachrelief mit scharfer Kante in das Steilrelief der Talhänge und Küstenabstürze übergeht, ändern sich Abtragungsform und -leistung dagegen schlagartig. Die Hänge, die 30° und mehr Gefälle aufweisen, sind durch Steinschlagrinnen und Runsenspülung linienhaft zerschnitten. Sie bewirkten u. a. eine holozäne Rückverlegung der Trogwände um mindestens 20 m (S. 43).

6) Dies steht im Gegensatz zu eigenen Beobachtungen im nördlichen Skandinavien. Mit Sicherheit kann man sagen, daß hier die wesentlichsten Leistungen der glazialen Überformung zu Beginn einer jeden Eiszeit erfolgten. Die auf die Gesamtvereisung folgende Gebirgsvereisung hatte bestenfalls eine „auffrischende“ Wirkung

Schließt man nun aus den glazialen und periglazialen Abtragungsleistungen auf den Erhaltungsgrad alter Rumpfflächenstücke, so kann festgestellt werden, daß diese nur wenig, und zwar parallel zu sich selbst, erniedrigt wurden. Aber auch das übrige Relief wurde nicht so stark umgeformt, daß nicht doch noch die präglazialen Züge hinter dem gegenwärtigen Antlitz der Landschaft erkennbar wären. Der aus tertiären Warmklimaten überkommene Großformenschatz erweist sich mithin — und das ist für Untersuchungen in anderen, ehemals vereisten Gebieten belangvoll — als sehr zählebig, wobei die ursprüngliche Form umso besser bewahrt blieb, je flacher sie ist.

\*

Flächenbildung aber ist kein isoliertes Phänomen. Es fragt sich also, wie sich Wirthmanns Beobachtungen in die schon festgestellten morphologischen Züge einer weiteren Umgebung einpassen. Leider wird diese Frage nicht näher diskutiert; dennoch ist sie für die Entwicklung unserer Vorstellungen von der Genese nicht nur Spitzbergens, sondern auch der anderen zirkumskandischen Länder von großer Bedeutung.

Wirthmann deutet an, daß sich die Hochlandfläche der Edge-Insel über den breiten Storfjord hinweg nach W verfolgen läßt und an der Gegenküste — in Beibehaltung der Abdachungsverhältnisse — in rd. 650 m Höhe auftritt. Sie läßt sich längs der ganzen Storfjordküste in der Gipfflur, manchmal auch in recht breit entwickelten Hochflächenresten wiederfinden. Zum Innern Westspitzbergens soll sie auf 600—800 m ansteigen, um von hier wieder gen Norden abzusinken. In diesem Zusammenhang sind ältere Beobachtungen Deges vom nördlichen Andréeland interessant, die vom Verf. leider nicht herangezogen werden<sup>7</sup>. Dege stellte hier bereits 1938 an der Küste ein Flachrelief um 370—400 m fest, das ähnlich auch auf Neufriesland entwickelt ist und nach Süden stärker ansteigt. Daraus entwickelt er die Vorstellung, daß Andréeland vor dem Einsetzen der Zertalung eine leichtgewellte und wenig gegliederte Rumpffläche gewesen sei, in welche breite, langsam ansteigende Täler flach eingesenkt waren. Erst bei einer kräftigen Landhebung gegen Schluß des Tertiärs habe dann ein neuer fluvialer Zyklus begonnen; tiefe, V-förmige Täler zerschnitten den Landblock und gelangten bis in die zentralsten Teile des mittleren Andréelands. Die Hebung führte gleichzeitig zu einer Schrägstellung der alten Landoberfläche, die heute am rd. 50 km südlicheren Tafelberg bereits in 1100 m Höhe (!) liegen soll. Hieran könnte man nun eine Vorstellung anknüpfen, die der von Ahlmann, Ängeby und Aigner für Skandinavien entwickelten entspricht, daß nämlich die Inselgruppe nur von einem einzigen Denudationsniveau überzogen und im Tertiär kuppelförmig oder besser: in Gestalt einer riesigen Muschel aufgewölbt worden sei. Aus verschiedenen Gebieten, wie Skandinavien, Schottland u. a., ist uns aber im Gegensatz hierzu auch eine deutliche Treppung des Altreliefs

7) Dege, Wilhelm: Geomorphologische Forschungen im nördlichen Andréeland. — Diss. Münster 1938, 112 S.

beschrieben worden, und es muß darum, gewissermaßen als Antithese, die Frage gestellt werden, ob sich das Altrelief Spitzbergens wirklich nicht aufliedern läßt. Wirthmann beschrieb von der Nordküste auch eine deutlich abgesetzte Flachform in  $\pm 250$  m Höhe, die ausdrücklich als 250 m-Fläche bezeichnet wird und nicht der Meeresabrasion ihre Entstehung verdanken soll. Über ihr Verhältnis zur „Hochlandfläche“ äußert er sich jedoch nicht. Nun hat sich Dege nach Beobachtungen auf Nordostland<sup>8</sup> neuerdings eindeutig für eine Stufung des Altreliefs im Sinne einer Piedmonttreppe ausgesprochen. Er beschrieb (1948, S. 80 ff.) als unterstes Niveau eine Fläche um 200 m, über die sich ein vielfach gestuftes System von alten Flächen, die glatt über den gefalteten Unterbau hinwegziehen, aufbaut. Aus morphologischen Befunden erschließt er einen Aufwölbungsvorgang mit einem Maximum im Prinz-Oskar-Land, was seiner Darstellung nach allerdings auch sehr engspannige Verbiegungen beinhaltet. Aus weiter unten genannten Gründen kann ich mich dieser seiner Vorstellung jedoch nicht anschließen. Wenn er in einer jüngeren Untersuchung (Dege 1960) eine weitgehende Übereinstimmung in der Höhenlage der einzelnen Flächen über eine W—E-Erstreckung von rd. 100 km konstatiert, stellt er — unausgesprochen — seine frühere Schlußfolgerung über eine engräumige Aufwölbung allerdings auch wieder in Frage. Die „Aufwölbung“ von Nordostland soll, da im eisfreien Gebiet Täler entwickelt sind, die unter den großen Eiskappen fehlen, erst kurz vor Einsetzen der Vereisung erfolgt sein, wobei die beginnende und noch jetzt andauernde Eisbedeckung das Land vor linearer Erosion geschützt habe. Nach den neueren Darstellungen Deges kann es sich dabei nicht um einen einfachen Hebungsvorgang gehandelt haben, sondern um ganze Folgen von Hebungen mit zwischengeschalteten Ruhepausen, die zur Entwicklung eines komplizierten, mehrzyklischen Reliefs führten. Dege<sup>9</sup> unterschied Verebnungen in 115, 130—145, 160, 180, 200, 220, 240, 280, 320, 340, 360, 385, 435 und 460 (?) m heutiger Meereshöhe, die alle als echte, an mehreren Stellen durch flache Denudationsstufen deutlich getrennte Rumpfflächen aufgefaßt werden. Hier vermag man dem guten Kenner der Morphologie Spitzbergens allerdings kaum zu folgen. Es gilt sogar zu bedenken, daß, je weiter man eine ursprünglich geneigte Fläche in einzelne Flächenfazetten aufgliedert und je geringer dadurch die Stufenhöhe wird, man sich damit auch desto mehr wieder einer einzigen Fläche nähert. Ohne eingehende Geländekenntnis läßt sich jedoch nicht beurteilen, inwieweit es sich nun bei den von Dege ausgeschiedenen Niveaus tatsächlich um eine Vielzahl von „Piedmontflächen“ handelt oder ob diese zu einigen wenigen Flächengenerationen oder gar einer einzigen Fläche zusammengefaßt werden können. Zunächst sind seine Ergebnisse ebenso als Tatbestand zu werten, wie Wirthmanns Auf-

8) Dege, Wilhelm: Das Nordostland von Spitzbergen. — Polarforschung 2 (16 Jg.) 1946, Heft 1/2, S. 72—83.

Ders.: Wissenschaftliche Beobachtungen auf dem Nordostland von Spitzbergen 1944—1945. — Ber. Dt. Wetterd. Nr. 72 (Bd. 10), Offenbach 1960, S. 1—33.

9) 1960, S. 14 (Tab. 1); vgl. Anm. 8).

fassung von einem einzigen „Hochlandniveau“. Damit aber begegnet uns hier der gleiche Gegensatz, der auch in den Auffassungen über die Genese der Skanden hervortritt: Eine einzige Rumpffläche (Ahlmann, Ångeby) oder ein vielgliedriges Rumpftreppensystem (Wråk, Braun, Evers und besonders Rudberg neben anderen).

\*

Die Hebung Spitzbergens, gleich, ob sie nun in einem einzigen Vorgang oder in Etappen erfolgte, wurde abgelöst durch eine längere Phase tektonischer Ruhe. In diese Zeit fällt nach Wirthmann, der sich damit älteren, jedoch auch widersprochenen Ansichten anschließt, die subaerische Ausbildung der Vorländer und des Schelfes. Die Genese dieser heute größtenteils untermeerischen Großformen ist bis jetzt umstritten und wird es, trotz mancher Details, die die Forschung dem Bild noch einfügen mag, vorerst auch bleiben. Auf die umfangreiche Diskussion, die sich an dem Problem ihrer Entstehung entzündete, kann hier leider nicht eingegangen werden, obschon dies durch den Umstand gerechtfertigt wäre, daß Wirthmann sie umgeht. Für die Strandflat-Theorien sei in diesem Zusammenhang auf die zwar nicht ganz vollständige, doch übersichtliche Behandlung durch Tietze<sup>10</sup> verwiesen, dessen an leicht zugänglicher Stelle erschienene Arbeit man leider im Literaturverzeichnis vermißt. Die Genese der Strandflat wie ihr Verhältnis sowohl zum Schelf als auch zu den Rumpfflächen des Hinterlandes wurde schon früher von Evers<sup>11</sup> eingehend behandelt, dessen Arbeiten wohl ebenso zu nennen gewesen wären wie die ausführliche und anregende Studie Blüthgens<sup>12</sup> zu einem demgegenüber noch erweiterten Problemkomplex.

\*

Seit Reusch 1896 die Strandflat als marine Abrasionsplatte deutete, Nansen 1904 (und später) den Einfluß auch der Frostsprengung und des Eises hervorhob und Ahlmann 1919 die subaerische Entstehung als neuen Gesichtspunkt vertrat, ist die Diskussion um die Entstehung der Küstenplattform nicht mehr abgerissen. Der großen Autorität von Nansen ist es wohl zuzuschreiben, daß vor allem dessen Deutung in Lehrbücher und Nachschlagewerke übernommen wurde. Schon Ahlmann<sup>13</sup> hatte darauf hingewiesen, daß das Problem der Entstehung der Strandflat nicht isoliert betrachtet werden könne, sondern nur in

10) Tietze, Wolf: Ein Beitrag zum geomorphologischen Problem der Strandflats. — *Pet. Geogr. Mitt.* 106. 1962, S. 1—20.

11) Evers, Wilhelm: Grundzüge einer Oberflächengestaltung Südnorwegens. — *Dt. Geogr. Blätter* 44. 1941, 158 S.

Ders.: The problem of coastal genesis, with special reference to the „strandflat“, the „banks“, or „grounds“, and „deep channels“ of the Norwegian and Greenland coasts. — *The Journal of Geology* 70. 1962, S. 621—630.

12) Blüthgen, Joachim: Tatsachen und Deutungen zur Geschichte des Skand. — *Geologie der Meere und Binnengewässer* 5. 1941, S. 83—117.

13) Ahlmann, Hans W. son: Geomorphological studies in Norway. — *Geogr. Annaler* 1. 1919, S. 1—148, 193—252, insb. S. 96.

Verbindung mit der Topographie des Hinterlandes. Diese Anregung wurde von Evers aufgegriffen, der Strandflut und Schelf in ein System von Piedmonttreppen einbaute, die den Westabhang der Skanden mit Stufenhöhen von ca. 200 m gliedern. Wie im Hinterland die Stufen als Denudationsstufen und nicht durch Verwerfungen erklärt werden, möchte auch Evers den Abfall zur Strandflut und von dieser zum Schelf als Denudationsstufen aufgefaßt wissen<sup>14</sup>. Dieser Ansicht fügt nun Wirthmann neues Material hinzu. Er geht dabei von den Verzahnungen von Hochland und Vorland aus. Die tiefeingreifenden Vorlandbuchten können keinesfalls durch marine Abrasion erklärt werden, wie er glaubhaft nachweisen kann, sondern nur als Ausläufer einer tieferen, subaerisch angelegten Fläche gegen ein höheres Land (S. 19 ff). Als solche deutet Wirthmann auch die breiten und seichten Einbuchtungen des Tjuvfjord und des wesentlich größeren Storfjord. Es kann sich bei diesen Buchten, wie er aus vergleichenden morphologischen Betrachtungen herleitet, nur um fossile „Dreiecksbuchten“ handeln, wie sie Büdel aus der rezenten Flächenspülzone beschrieben hat. Hier greifen die tieferen, jüngeren Spülflächen auf ganz ähnliche Weise mit dreieckigen Buchten in den von älteren Flächen gekrönten Hochlandblock zurück (S. 18). Das Vorland geht nach Echolotungen der Stauerland-Expedition in Südostspitzbergen dann flach und ohne Stufe in die Flachseeböden des Schelfes über. Daraus schließt Wirthmann, daß Vorländer und Schelfgebiet als ein *einziges* Abtragungsniveau aufzufassen sind. Der Schelfboden zeigt ein schwaches, „fluviatiles“ Relief, in welchem Nansen untergetauchte Täler, Ahlmann tektonische Gräben zu erkennen glaubte. Die Tiefenlinien folgen der Abdachung des Schelfes und münden in 400—500 m Tiefe in bis zu 80 km breiten und sehr flachen Hohlformen am Kontinentalabfall aus. Wirthmann hält die „Mündungstrichter“, die keine Ähnlichkeit mit Tälern haben, aber auch keine „Gräben“ sind, für Rumpfbuchten der Flächenspülzone und entwickelt den Gedanken, daß „die riesige Rumpffläche des Barentsschelfes im ausgehenden Tertiär bei weiterer Hebung noch einmal randlich von breiten Spülflächen zerschnitten worden ist, bevor sie im Eiszeitalter bis heute in das Meer versank“ (S. 50, Anm. 5).

Der Auffassung, daß Strandfläche und Schelf eine einzige Abtragsfläche darstellen, und der wohl auch Ahlmann (1933) und Blüthgen (1941) nahestehen, sind aber auch andere Deutungen entgegenzuhalten. Panzer<sup>15</sup>, der den Hebridenschelf für eine ertrunkene Rumpffläche hält, faßt diesen genetisch zwar mit dem Rumpfland der Hebriden zusammen, aber ich glaube seinen Darstellungen doch entnehmen zu können, daß die von ihm beobachtete schwache Stufung des obermeerischen Reliefs sich auch untermeerisch fortsetzen soll. Evers' Auffassung von einer deutlichen Stufung (200 m) war ja schon erwähnt. Die Stufung ist, jedenfalls vor der skandinavischen Küste, auch von anderen

14) Evers 1941, vgl. Anm. 11).

15) Panzer, Wolfgang: Zur Oberflächengestaltung der Äußeren Hebriden. — Z. f. Geomorph. 3. 1928, S. 169—203.

Forschern beobachtet worden, hier jedoch als Bruchstufe gedeutet worden (de Geer, Sederholm, Holtedahl), entlang der sich Skandinavien im Tertiär herausgehoben habe. Prinzipiell zeigt sich hier aber das gleiche Problem wie im obermeerischen Gebiet: Stufung und damit polyzyklische Entwicklung des Reliefs oder einheitliche Abtragungsfläche. Bei dem gegenwärtigen Stand der Forschung kann das Problem aber noch nicht befriedigend gelöst werden. Es wäre denkbar, daß etwa längs der norwegischen Küste junge Verwerfungen auftreten, die um Spitzbergen fehlen; aber ebenso kann man annehmen, daß die Stufe bei Spitzbergen nicht erkannt wurde, etwa weil sie von Moränenmaterial und Schmelzwasserbildungen (Sandr) überdeckt ist. Die Beziehungen Strandflats — Schelf gestalten sich noch problematischer, wollte man alle anderen Theorien der Strandflatsgenese berücksichtigen. Hier sei nur an die Auffassungen von Nansen und Holtedahl erinnert, die beide den Schelf als Rumpffläche, die Strandfläche jedoch als jüngere, während der Eiszeit durch überwiegend marine Erosion (Nansen) oder überwiegend durch Vorlandgletscher (Holtedahll) gebildete Form verstanden wissen wollen. Auch daraus, daß die Küstenplattform an verschiedenen Punkten der Küste von Grönland, der Färöer und Norwegens fehlt, hat man komplizierte Theorien herleiten wollen (Tietze). Da dies häufiger an vorspringenden Kaps zu beobachten ist, glaube ich die einfachste Erklärung darin zu sehen, daß hier die Vorlandfläche (Strandflats) durch die tiefere Schelffläche aufgezehrt wurde.

Die Deutung des Schelfs als Rumpffläche zieht nun verschiedene Konsequenzen nach sich. Die Ausbildung der Fläche erforderte zunächst eine im Vergleich zu heute sehr viel tiefere Lage des Meeresspiegels in unmittelbar präglazialer Zeit. Eine ganze Reihe von Autoren glaubt auch, unabhängig voneinander und für die verschiedensten Gebiete in der Umrahmung der Skandik Hinweise für eine erhebliche Heraushebung gefunden zu haben. Die Hebung soll 200—300 m (Ahlmann, Evers), wahrscheinlich aber mindestens 500 m (Nansen, Blüthgen, Wirthmann u. a.) betragen haben. Sie muß Spitzbergen, die Bäreninsel, Skandinavien, Schottland, Island und Grönland gleichermaßen betroffen haben, und um den gleichen Betrag müssen, da die Strandflats heute überall etwa im Meeresniveau liegt, alle diese Gebiete später auch wieder abgesunken sein. Dies würde bedeuten, daß sich das ganze große Gebiet rings um den Skandik im jüngeren Tertiär einheitlich verhalten hat und en bloc reagierte. Hierauf hat Blüthgen schon im Zusammenhang mit der Bildungsgeschichte des Skandik m. W. als erster hingewiesen<sup>16</sup>.

Die Bildungszeit der Schelfrumpffläche kann aus Gründen, die hier nicht dargelegt werden können, nur in das mittlere bis späte Pliozän gelegt werden. In dieser Zeit müssen die Klimaverhältnisse aber den heutigen schon sehr viel ähnlicher gewesen sein als denen früherer Tertiärperioden. Nun hatte aber Wirthmann aus dem Vorkommen von „Dreiecksbuchten“ auf ein Klima geschlossen, das dem der Flächen-spülzone ähnlich gewesen sein müsse. Dies zeigt einen noch nicht ge-

16) Blüthgen 1941 (Anm. 12), S. 104 ff.

klärten Widerspruch auf: ein tropisch-warmes Klima kann gegen Ende des Tertiärs kaum noch erwartet werden, ein gemäßigtes vermag weder den typischen Formenschatz der Rumpffläche (einschließlich Dreiecksbuchten, intramontaner Ebenen, Inselberge) noch die gewaltigen Abtragungsleistungen, die ja angenommen werden müssen, zu erklären.

\*

Um die Genese der zirkumskandischen Länder klären zu können, bedarf es noch vieler Vorarbeiten. Ausschlaggebend für die Aufhellung mancher Probleme dürfte m. E. die Klärung der Frage sein, welche Stellung die Strandflats im System der Rumpfflächen nun wirklich einnimmt. Gelingt es, sie überall als einheitliche Fläche zu erkennen, ihr präglaziales Alter und ihre subaerische Entstehung sicher nachzuweisen, würden wir damit eine Bezugsfläche für die Gliederung der höheren Altflächen und des tieferen Schelfgebietes gewinnen, wie sie auf der Erde nicht ein zweites Mal zu finden sein dürfte. Manches deutet darauf hin und auch eigene Beobachtungen an der norwegischen Küste sprechen dafür, daß die Strandflats nur ein Glied der Stufenfolge bildet, die vom Schelf zu den ungegliederten Flächen des Hochlandes führt.

Schon früher wurde darauf hingewiesen, daß die Entwicklung der zirkumskandischen Länder offenbar gleichartig verlaufen ist. Diesen Erkenntnissen müssen sich nun aber auch unsere Vorstellungen von der Genese einzelner Inseln und Gebirgsgruppen einpassen, und es bleibt zu überprüfen, ob wir z. B. mit engräumigen Verbiegungen oder lokalen Aufwölbungen im jüngeren Tertiär, wie sie verschiedentlich postuliert wurden, überhaupt zu rechnen haben. Die Vorstellung jedenfalls, daß jede Insel oder Inselgruppe sowie jedes höhere Gebirgsmassiv ein eigenes tektonisches Anschwellungsgebiet war und gleichsam wie eine Beule aus der Erdhaut emporgedrückt wurde, scheint vor diesem Hintergrund absurd. Die Beobachtungen, die von Braun, Blüthgen, Evers, Rudberg und einer ganzen Reihe anderer Forscher aus Skandinavien zusammengetragen wurden, sprechen jedenfalls dafür, daß es bei der Heraushebung der Skanden zu keinerlei nennswerten Verbiegungen, auch der höheren Flächen, in der Längserstreckung (1800 km!) gekommen ist. Dabei fragt es sich, ob sich die Gebiete nördlich von Skandinavien (Bäreninsel und Spitzbergen) oder westlich davon (Schottland) grundsätzlich anders verhalten haben. Dies ist, worauf besonders Blüthgen (1941) hingewiesen hat, zu verneinen. Es müssen sich darum Hebungen, die Skandinavien betrafen, sehr wahrscheinlich auch im Formenbild Schottlands und Spitzbergens wiederfinden lassen, da sich — zumindest im Verlauf der jüngeren Erdgeschichte — die gleichen Impulse auch dort ausgewirkt haben. Nun läßt eine vergleichende Betrachtung der Nordwesteuropäischen Saumländer, die sich z. T. auf eigene, noch unveröffentlichte Beobachtungen stützt, in der Tat erkennen, daß von Schottland über Skandinavien bis zur Bäreninsel über der Strandflats eine ähnliche Folge von Flächen- und Talgenerationen auftritt. Daß diese in Höhenlage und Höhendifferenz keine direkte Übereinstimmung aufweisen, darf

nicht wundernehmen, da hierfür die Lage zur ursprünglichen Erosionsbasis wesentlich mitbestimmend ist. Einzelne Flächenglieder können örtlich auch fehlen, was durch Aufzehrung durch die nächsttiefere Fläche erklärt werden kann. Insgesamt aber tritt uns doch in den nordwesteuropäischen Gebirgsländern ein deutlicher und ganz analoger Stockwerkbau entgegen, der auf eine mehrzyklische, in diesen Gebieten auch gleichartig verlaufene Entwicklung hinzudeuten scheint.

\*

Vieles konnte hier nur angedeutet werden, was eines besseren Nachweises bedurft hätte. Es sollte aber vor allem gezeigt werden, daß Wirthmanns Untersuchungsergebnisse nicht isoliert betrachtet werden können, sondern daß sich die Genese auch eines so kleinen Teilgebietes, wie es die Edge-Insel darstellt, ganz offenbar in die Entwicklungsgeschichte eines weit größeren Raumes einfügt. Ihre Kenntnis vertieft zu haben, ist das große Verdienst Alfred Wirthmanns.