Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Geomorphologische Studien über die Alpen am Rande der Grazer Bucht.

Von Dr. A. Aigner.

Einleitung.

Es ist heute nicht mehr möglich, das Problem der Alpenbildung nur vom rein geologischen Standpunkte zu behandeln. Die Frage, wie sich die Oberfläche des Gebirges entwickelt hat, nimmt immer mehr das Interesse aller Alpenforscher in Anspruch. Im allgemeinen sind die glazialen Formen so verbreitet, daß durch sie die frühere Gestaltung des Gebirges wenigstens bis zu einem gewissen Grade verwischt wurde. Wie schwer es ist, sich ein Urteil über das präglaziale Relief zu bilden, geht schon daraus hervor, daß die Meinungen über das Ausmaß der Glazialerosion keineswegs geklärt sind. Da muß es in einem Gebiete, das nicht oder nur wenig vergletschert war, leicher möglich sein, sich mit der Vergangenheit des Gebirges vertraut zu machen. Dies ist vor allem am Ostrand der Alpen der Fall. Hier kommt noch dazu, daß in den westlichen Verzweigungen des großen pannonischen Beckens, im inneralpinen Wiener Becken, in der Bucht von Landsee und in der Grazer Bucht miozäne und pliozäne Schichten in reicher Entwicklung liegen, so daß es hier naheliegt, Beziehungen zu suchen zwischen der Formenentwicklung des Gebirges und den einzelnen Umbildungsepochen dieser Buchten.

Mit der Lösung dieser Probleme in der Grazer Bucht habe ich mich durch eine Reihe von Jahren beschäftigt. Die Anregungen zu diesen Studien und mannigfache Förderungen danke ich meinen verehrten verstorbenen Lehrern, den Herren Hofrat Eduard Richter und Rudolf Hörnes, und Herrn Geheimrat Albrecht Penck. Ueber den gleichen Gegenstand hat Herr Dr. Sölch auf dem Geographentage zu Innsbruck im Mai 1912 einen Vortrag gehalten (Lit. Nr. 1). — Es sollen nun hier die wichtigsten Ergebnisse meiner Studien zusammengefaßt werden.

Von zwei Tatsachengruppen mußte ich ausgehen, erstens von den miozänen und pliozänen Schichten der Grazer Bucht und zweitens von den Oberflächenformen des Tertiärhügellandes der Bucht und jenen der angrenzenden Teile der Alpen. Die Folge der miozänen und pliozänen Schichten der Bucht ist durch zahlreiche Studien ausgezeichneter Geologen im wesentlichen bekannt; aber über ausgedehnte Gebiete (so über den Bereich der Spezialkartenblätter Fürstenfeld,

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Gleichenberg mit Ausnahme des vulkanischen Gebiets, des östlichen Teiles des Blattes Wildon, über den größten Teil der Windischen Bühel) lagen keine neueren Detailstudien vor; es mußten daher in diesen Gegenden wiederholt im einzelnen sehr zeitraubende Untersuchungen angestellt werden. Die Arbeiten von Winkler sind erst nach Vollendung dieser Studien erschienen.

Die Hauptaufgabe aber war, in kritischer Weise die Entwicklung der Formenwelt des Gebirges kennen zu lernen; dann erst konnten die Beziehungen zwischen der Oberflächenentwicklung des Gebirges und den einzelnen Phasen in der Geschichte der Grazer Bucht aufgesucht werden.

I. Die miozänen und pliozänen Schichten der Grazer Bucht.

Um die geologische Erforschung der Grazer Bucht haben sich in älterer Zeit vor allem Rolle und Stur, später dann in erster Linie Hörnes und Hilber große Verdienste erworben. In neuerer Zeit haben Dreger, dann besonders Winkler über die Tertiärschichten der Grazer Bucht eingehende Untersuchungen gepflogen. Winkler verspricht, seine Arbeiten auch über die jüngsten Schichten dieses Gebietes auszudehnen. Dann erst werden diese neueren Studien zu einem Abschluß gekommen sein. Ich folge hier im wesentlichen den Auffassungen von Hörnes und Hilber.

Die tertiäre Ausfüllung der Bucht beginnt mit den lakustren, Braunkohlen führenden Schichten, die Hilber ins Untermiozän stellt (Lit. Nr. 2). Sie liegen fast durchwegs am Rande des Gebirges und erfüllen einige in das Gebirge eingreifende Buchten. Die nächstjüngere Gruppe gehört dem Grunder Horizont und der II. Mediterranstufe (Leithakalkschichten) an. Diese Schichten liegen mit Ausnahme des Vorkommens am Aframberg bei Wildon nur westlich der Kainach und Mur. Sie bauen dann im wesentlichen den westlichen Teil der Windischen Büheln auf und finden sich erst weiter südlich an der Drau in deren östlichem Teile. Außerdem ist noch im Nordosten der Grazer Bucht bei Pinkafeld ein Leithakalkvorkommen bekannt geworden (Lit. Nr. 3). Der übrige Raum der Grazer Bucht, also vor allem die Oststeiermark, wird von jüngeren Sedimenten erfüllt. Unter diesen herrschen jene Tone, Tegel, Lehme, Sande und Schotter vor, die bisher für pontisch gehalten wurden; nach den paläontologischen Untersuchungen von Bach (Lit. Nr. 4) muß man freilich annehmen, daß wenigstens ein Teil davon jünger, nämlich levantinisch ist. Unter diesen pliozänen Schichten — die pontischen sollen hier zum Pliozän gerechnet werden — liegen, östlich der Linie Mureck—Wildon—Doblbad, sarmatische Schichten. Am meisten treten sie zwischen den gegen Osten gerichteten Talstrecken der Raab und Mur zutage.

Sölch versucht nun die Schotter im Gratweiner Becken und westlich des Plawutschzuges in mehrere Stufen zu zerlegen, indem er von den sogenannten Belvedereschottern, die er als Höhenschotter bezeichnet, zwei ältere Gruppen abtrennt. Als älteste Gruppe be-

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

trachtet er die von Hilber mehrfach besprochenen Blöcke, die bei Gratwein unter den Belvedereschottern liegen (Lit. Nr. 5). Er faßt sie im Gegensatz zu Hilber, der früher für sie die Beförderung durch Gletscher für möglich hielt, sie aber jetzt auf einen verhüllten archäischen Grundgebirgsrücken zurückführt, als Zeugen einer Schuttverfrachtung auf, wie sie Penck für die Zeit der Erhebung der Alpen zu Beginn der Miozänzeit annimmt (Lit. Nr. 6, S. 1138). Als nächstjüngere Gruppe faßt er einige Schottervorkommen, vor allem in der Mantscha (Graz, SW) zusammen, die er der Leithastufe zurechnet und auch nach dem Vorgange von Stur (Lit. Nr. 7) als Leithaschotter bezeichnet. Damals hätte die Mur in einer Höhe von 500 *m* in die Bucht gemündet, und zwar habe sie ihren Lauf im Gegensatz zu heute westlich vom Plawutschzug genommen und dann im Kaiserwald, dessen Schotter von Penck (Lit .Nr. 6) für diluvial gehalten wurden, einen Schuttkegel aufgebaut.

Ich kann dieser von Sölch vertretenen Meinung keineswegs beistimmen. Von den Blöcken bei Gratwein ist nur eines mit Sicherheit zu sagen, nämlich daß sie unter den Bevledereschottern liegen. Es ist aber bisher nicht gelungen, einwandfrei zu zeigen, daß beide Ablagerungen verschiedenen Alters sind, ebensowenig wie sich mit Sicherheit beweisen läßt, daß die Blöcke nur eine andere Fazies der Schotter seien. Es sind daher meines Erachtens beide Meinungen nur gleichberechtigte Vermutungen. Ich halte es für möglich, daß die Blöcke aus einer Zeit sehr lebhafter Erosion, und zwar der vorpontischen Erosion stammen. Vielleicht gelingt es mir, später darzutun, daß man auch für diese Zeit eine Schuttverfrachtung annehmen kann, wie sie Penck für den Beginn des Miozäns annimmt.

Auch die Abtrennung der sogenannten Leithaschotter halte ich nicht für berechtigt. Sölch stützt sich dabei auf mehrere Beobachtungen, die er in Uebereinstimmung mit Stur an den Schottern in der Mantscha gemacht hat. Diese Schotter sollen nämlich durch die Verschiedenartigkeit des Materials, die Größe der Gerölle und den Grad der Verwitterung von den übrigen Schottern abweichen. Diese Eigenschaften, von denen Sölch bemerkt, daß sie außer in der Mantscha, wo sie besonders charakteristisch ausgebildet sind, auch sonst häufig in der Gegend beobachtet werden können, sind meiner Ansicht nicht in dem Maße entwickelt, daß man deshalb eine solche Abtrennung vornehmen müßte. In den Schottern der Grazer Bucht finden sich öfters lokale Verschiedenheiten, ohne daß man diesen deshalb eine besondere Bedeutung in der ganzen Schichtreihe beimessen dürfte. Im Gegenteil, die Schotter machen den Eindruck einer einheitlichen Masse, so daß bisher kein Forscher zu einer solchen Trennung gelangt ist. Auch Stur nimmt keine Scheidung der tieferen Schotter von den höheren vor, sondern stellt überhaupt die Schotter westlich der Mur jenen östlich von ihr gegenüber. Er tut dies aber ohne wirkliche Begründung, nur um die Tatsache zu erklären, daß die marinen Bildungen der Leithastufe nicht bis an den Gebirgsrand reichen. Diese Meinung Sturs wurde aber später durch die Auffindung sarmatischer Schichten in Thal (Graz, W) unhaltbar (Lit. Nr. 8). Wenn auch nicht gesagt werden soll, daß eine solche Abtrennung,

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

wie sie Sölch vornimmt, ganz und gar ausgeschlossen ist, so muß doch, so lange nicht das Gegenteil bewiesen ist, an der Einheitlichkeit der gesamten Schottermasse festgehalten werden.

Noch eines möchte ich dazu zu bedenken geben. Sölch bemerkt, daß die Schotter der Mantscha tiefer als die sarmatischen Kalke von Thal liegen. Ich habe aber südwestlich von Thal, bei der Forstwiese, unter den Schottern Tegel mit sarmatischen Fossilien gefunden; diese Schichten liegen aber nicht höher als die Schotter der Mantscha. Die Lagerung der sarmatischen Schichten ist also derart, daß an keiner Stelle eine Ueberlagerung der Schotter durch sarmatische Schichten angenommen werden kann; im Gegenteil, die sarmatischen Schichten sind zum Teil sicher von den Schottern überlagert oder die Schotter erscheinen an jene angelagert. Es sind also bis jetzt keine Erscheinungen beobachtet worden, die die Abtrennung eines selbständigen Komplexes von Leithaschotterp rechtfertigen würde; damit ist natürlich die Behauptung, daß die Mur in mediterraner Zeit westlich des Plawutsch floß nur eine Vermutung. Die Meinung, daß die Mur einmal diesen Weg genommen, entspringt aus der Ansicht, daß sich die Schotter aus dem Gratweiner Becken geschlossen über St. Oswald gegen das Kainachtal fortsetzen, eine Ansicht, die nicht genügend begründet ist, denn am rechten Gehänge des Schirdingtales, also nördlich von St. Oswald, ragen aus den Schottern an mehreren Stellen paläozoische Gesteine heraus, so daß hier der Zusammenhang der Schotter in der Tiefe nicht mit Sicherheit behauptet werden kann. Sehr unbegründet ist endlich die Bemerkung Sölchs, daß die Mur in sarmatischer Zeit wahrscheinlich aus dem Gratweiner Becken gegen Osten durch die Niederung nördlich der Kanzel überfloß. Dann müßten die Schotter, die nördlich von St. Veit liegen, auch der Leithastufe angehören oder wenigstens sarmatisch sein. Da für die Schotter östlich der Mur an vielen Stellen das pontische Alter zu erweisen ist, so ist wohl auch für diese hier das pontische Alter wahrscheinlicher als irgendein anderes.

Sölch hält auch wie Stur die Schotter des Kaiserwaldes für Leithaschotter. Er sagt, daß sie den Schottern bei der Mantschamühle gleichen. Ich habe zwar die Kaiserwaldschotter nicht gerade mit jenen von der Mantschamühle verglichen, aber ich habe wiederholt den Eindruck gewonnen, daß sich die Kaiserwaldschotter von den Schottern des nördlich anstoßenden Hügellandes, so des Haseldorfbergs, Pfalzbergs usw. wesentlich unterscheiden, und mir ist die Aehnlichkeit der Kaiserwaldschotter mit dem übrigen diluvialen Schotter des Murtales aufgefallen. Ich habe zwar in meinen Studien über die eiszeitliche Vergletscherung des Murgebietes (Lit. Nr. 9) die Kaiserwaldschotter nicht behandelt, muß sie aber jetzt in Uebereinstimmung mit Penck für Deckenschotter halten. In dieser Ueberzeugung wird man dadurch bestärkt, daß sie eine ausgesprochene, mit Lehm bedeckte Terrasse bilden, die dann auch noch weiter flußabwärts auftritt. Ihre Fortsetzung sehe ich nämlich am linken Murufer in der großen lehmbedeckten Terrasse, die sich südlich der Linie Ragnitz (Leibnitz, NO) — Wolfsberg ausdehnt und dann weiter östlich in den Terrassen des Schweinsbach-, des Weinburger- und Glauningwaldes. Hier war es mir an einigen

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Aufschlüssen möglich, zu finden, daß die Schotter dieser höheren Terrassen die gleiche Gesteinszusammensetzung besitzen wie die der niedrigeren, deren diluviales Alter nicht bestritten werden kann; der einzige Unterschied besteht im Grad der Verwitterung der Geschiebe. Auch hier ist die Verschiedenheit dieser ältesten diluvialen Schotter von den nördlich anstoßenden tertiären nach Winkler sarmatischen (bei St. Peter a. O.) in die Augen springend.

Die Abtrennung mediterraner Schotter erscheint also nicht hinreichend begründet. Dagegen dürften einzelne Schotterpartien, die mit den untermiozänen Schichten in Verbindung auftreten, untermiozänen Alters sein. So spricht Petrascheck (Lit. Nr. 38) von Konglomeraten im Köflacher Becken, die über den kohlenführenden Schichten liegen, aber noch von den gleichen Störungen betroffen wurden, wie jene. Die Hauptmasse der Schotter und Sande wird man aber als eine einheitliche Ablagerung pliozänen Alters auffassen müssen. An dieser Meinung muß ich um so mehr festhalten, als östlich der Mur, wie schon erwähnt, auch für die tiefsten Lagen der Schotter das pontische Alter paläontologisch erwiesen ist (Lit. Nr. 10).

Auch halte ich es für unannehmbar, östlich der Mur die höheren Schotter als eine selbständige Bildung den tieferen gegenüberzustellen, etwa so, daß jene über pontischen Schichten als Schuttkegel ausgebreitet worden wären. Der einzige Anhaltspunkt dafür wäre, daß in den Schottern des Laßnitztunnels (Graz, SO) ein Zahn von *Mastodon arvernensis* gefunden wurde, was, wie Bach zeigt (Lit. Nr. 4), darauf hinweist, daß die höheren Schotter levantinisch sind. Da bisher sonst von keiner Stelle für die levantinische Stufe bezeichnende Fossilien gefunden wurden, so wäre es ja denkbar, daß gerade die Schotter des Laßnitztunnels eine jüngere Einschaltung sind, vielleicht abgelagert in einem in die pontischen Schichten eingeschnittenen Tale. Sonst sind keine Anzeichen zu finden, die es gestatten würden, die höheren Schotter als eine spätere Auflagerung über die pontischen zu betrachten; im Gegenteil, man bemerkt wiederholt eine Wechsellagerung der Schotter mit den Sanden und Tegeln (vgl. dazu auch Lit. Nr. 10) und muß so die Gesamtheit aller dieser Schichten als einen einheitlichen Komplex betrachten. Wenn die Schotter des Laßnitztunnels nicht eine lokal begrenzte jüngere Einschaltung sind, würde eben eine aus der pontischen bis in die levantinische Stufe hinaufreichende Ablagerung vorliegen.

Die Auffassung, daß alle diese Schichten Ablagerungen einer einzigen Bildungsepoche der Grazer Bucht sind, wurde auch von Hörnes (Lit. Nr. 11) vertreten. Er sagt, daß sich hier Ablagerungen aus fließendem und stehendem Wasser vertreten. Hilber hat zuerst (Lit. Nr. 10) die Schotter als thrakische Bildungen von den übrigen pontischen getrennt, dann aber (Lit. Nr. 3) diese Meinung aufgegeben und wenigstens für das Gebiet von Hartberg und Pinkafeld erklärt, daß von einer Trennung der Schotter von den Tegeln nicht gesprochen werden kann. Freilich können innerhalb dieser Schichtserie im kleinen manche Diskordanzen bestehen und besonders sind solche zwischen den Schottern und Sanden zu bemerken; sie sind durchaus nur von lokaler Bedeutung und stören so das Gesamtbild nicht. Es

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

traten eben während der Ablagerung Veränderungen ein, so daß ein Gebiet vorübergehend Stromland war und dann vielleicht wieder von stehendem Wasser bedeckt wurde. Im allgemeinen überwiegen die Sande und ich möchte schon deshalb die Ablagerungen aus fließendem Wasser nicht durchaus kurzerhand als Schuttkegel bezeichnen.

Westlich der Mur haben die Ablagerungen ja in mancher Hinsicht einen etwas abweichenden Charakter, aber die Verschiedenheiten sind keineswegs so bedeutend, daß man für dieses Gebiet eine abweichende Entwicklung annehmen müßte. Hier im Westen fehlen die Tegel, dafür treten häufig Lehme auf. Bezüglich der in der Literatur öfter genannten, „mit Lehm gemischten Schotter" möchte ich bemerken, daß da sehr leicht eine Täuschung unterlaufen kann, indem meist nur die an den Gehängen verrutschten Schotter diesen Eindruck machen. Sehr stark sind Sande vertreten; auch noch weit im Westen, nördlich von Voitsberg, kann man einen wiederholten Wechsel zwischen Sand und Schotter bemerken.

Ich halte alle Schotter, Sande, Tegel und Lehme westlich und östlich der Mur, soweit sie nicht als sicher untermiozän oder sarmatisch erkannt wurden, für zusammengehörige Bildungen. Ihrer Ablagerung ging jedenfalls eine Zeit der Erosion, die vorpontische Erosion, voraus. Die Spuren dieser vorpontischen Erosion wurden von Hörnes weithin verfolgt (Lit. Nr. 12). In unserem Gebiet spricht für sie, wie schon Hilber auseinandergesetzt hat (Lit. Nr. 10), vor allem die Art des Auftretens der sarmatischen Schichten unter den überlagernden pontischen. Ferner weist er darauf hin, daß die pontischen Schotter nördlich der Kanzel und auch nördlich von St. Stephan a. G. in der Tiefe in einer engen Rinne, also in einer Erosionsfurche zu liegen scheinen. Ich habe auch schon früher das Vorkommen von Blöcken mit dieser vorpontischen Erosion in Zusammenhang gebracht, freilich ohne dafür einen besseren Anhaltspunkt finden zu können als den, daß die Blöcke eben unmittelbar unter den Schottern liegen. Die Frage, ob eine einzige Aufschüttung aus der pontischen bis in die levantinische Stufe fortgedauert hat oder ob die Schotter mit *Mastodon arvernensis* nur eine spätere Einschaltung sind, die vielleicht auch noch an anderen Stellen vorhanden sein könnten, läßt sich schwer entscheiden; vielleicht bringen spätere Untersuchungen sichere Aufklärungen in dieser Hinsicht.

II. Die Umbildungsepochen der Grazer Bucht und die pliozäne Landoberfläche.

Sollen nun die Ergebnisse der geologischen Erforschung der Grazer Bucht für die morphologische Betrachtung des Gebirges verwertet werden, also eine zeitliche Einordnung des Ablaufs der Formenentwicklung in die durch die Schichtfolge gegebenen Umbildungsepochen der Bucht gefunden werden, so handelt es sich darum, die Lagen des Meeresspiegels, beziehungsweise wenn die Bucht nicht von Wasser bedeckt war, der Landoberfläche, d. h. also für den Ge-

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

birgsrand die jeweiligen Lagen der Erosionsbasis oder allgemeiner des unteren Denudationsniveaus zu suchen.

Für die Miozänzeit wird man in dieser Hinsicht in der Grazer Bucht kaum zu einem befriedigenden Ergebnisse gelangen können. Ist es vielleicht verlockend, aus der Höhe manches Leithakalkstockes der Grazer Bucht, so des Buchkogels bei Wildon, Schlüsse zu ziehen auf die Höhe des Meeresspiegels, so steht dem die Tatsache gegenüber, daß in der Grazer Bucht in nachmediterraner Zeit sicher noch bedeutende Niveauänderungen, Hebungen und Senkungen, stattgefunden haben. Es soll hier nur darauf hingewiesen werden, daß die mediterranen Schichten nicht an den Gebirgsrand herantreten, ein Umstand, der Stur (Lit. Nr. 7) zur Aufstellung der Hypothese von der Hebung der Zentralalpen veranlaßt hat und daß sich bei Graz zwischen die Mediterranschichten und den Gebirgsrand sarmatische Schichten in hypsometrisch tiefer Lage einschieben; Hörnes hat diesen Erscheinungen eine eingehendere Darstellung gewidmet (Lit. Nr. 11). Zunächst hat A. Winkler (Lit. Nr. 23) gezeigt, daß in der Grazer Bucht noch erhebliche nachmediterrane Störungen eingetreten sind. Auch bei der sarmatischen Stufe ist es nicht möglich, mit einiger Sicherheit die einstige Spiegelhöhe zu finden, denn einerseits wurden die sarmatischen Schichten stark abgetragen und anderseits erfuhren auch sie jedenfalls noch eine beträchtliche Störung (vgl. dazu Winkler).

Anders liegen die Verhältnisse bei den Schichten der nächstjüngeren Entwicklungsepoche der Grazer Bucht. Pontische Schotter und Sande liegen in Buchten des Gebirges und es sind keine Anzeichen zu finden, die die Meinung stützen würden, daß das Randgebirge und wenigstens die randlichen Teile der Bucht seit der pontischen Zeit tektonisch verschiedene Wege gegangen wären; im Gegenteil man gewinnt den Eindruck, daß diese Gebiete seither tektonisch die gleichen Schicksale erlebt haben.

Wie hoch nun die pliozäne Aufschüttungsfläche in der Grazer Bucht und damit für das benachbarte Gebirge das untere Denudationsniveau lag, das läßt sich freilich nicht ohne weiteres entscheiden. Denn ich möchte nicht die auf den paläozoischen Höhen der Umgebung von Graz isoliert liegenden und auch sonst am Gebirgsrande in ähnlicher Lage öfter vorkommenden Schotter von vornherein für pliozän halten. Hält man diese Schotter für pliozän, dann nimmt man an, daß die pliozäne Aufschüttung bis zu diesen bedeutenden Höhen emporgereicht hat. Aus einer solchen Annahme ergeben sich aber so weitgehende Folgerungen, daß man die Frage nach dem Alter jener Schotter nur auf Grund einer eingehenden Untersuchung erledigen kann. Auf keinen Fall aber kann man aus den Höhen der aus Schotter gebildeten Hügelkämme der Grazer Bucht einen Schluß ziehen auf die Höhe der pliozänen Aufschüttungsfläche. Die morphologische Betrachtung der mittelsteirischen Hügel lehrt unzweifelhaft, daß hier eine starke Abtragung stattgefunden hat. Den Ausdruck „intakte Riedelfläche“ möchte ich auf keinen Fall so anwenden, wie dies Sölch tut. Mir ist mit Ausnahme einiger ausgedehnterer Ebenheiten nördlich von Fürstenfeld und mit Ausnahme der zahlreichen diluvialen Terrassen im ganzen mittelsteirischen Hügelland kaum eine Stelle bekannt, die

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

diese Bezeichnung zulassen würde. Im Gegenteil, die Kämme der Hügelzüge sind zum Teil recht schmal und wo Verbreiterungen auftreten, haben wir Rücken vor uns, deren flache Formen einem späteren pliozänen Entwicklungsstadium der Landschaft mit höherem unterem Denudationsniveau als das heutige entsprechen. Es ist ja vielleicht verlockend, aus den Höhen der Hügelkämme die alte Aufschüttungsfläche zu rekonstruieren und Reste von ihr allenfalls in den ausgedehnten Flächen zwischen Raab und Zala im westlichen Ungarn zu sehen. Man bekäme so die Oberfläche eines großen Schuttkegels. Sprechen meiner Ansicht schon die geologischen Verhältnisse nicht dafür, so noch viel weniger die morphologischen.

Das ganze mittelsteirische Hügelland zeichnet sich im großen und ganzen durch eine morphologische Gleichartigkeit aus; vor allem ist da die Anordnung des Flußnetzes in die Augen springend.

Dessen wesentlichste Eigentümlichkeiten bestehen in einer weitgehenden Asymmetrie und in stets wiederkehrenden bestimmten Laufrichtungen der Gewässer. Schon Rolle (Lit. Nr. 13) hat auf diese Erscheinungen hingewiesen und Hilber hat über die Asymmetrie gehandelt (Lit. Nr. 14). Dies spricht dafür, daß das ganze Hügelland bis südlich zur Drau aus einer großen Ausgangsform herausgearbeitet worden ist. Diese Ausgangsform kann nur die pliozäne Aufschüttungsfläche gewesen sein, die jedenfalls auch in jenen Teilen der Grazer Bucht bestanden haben muß, in denen heute pontische Schichten fehlen, nämlich westlich der Linie Mur—Kainach und in den Windischen Büheln. Auf keinen Fall darf man aber Formen des heutigen Hügellandes mit vorpontischen Zuständen in einen Zusammenhang bringen wie Sölch, der es bemerkenswert findet, daß die Zertalung der Landschaft im Westen der Bucht nicht weiter vorgeschritten ist als im Osten. Die pliozäne Aufschüttung war eben ein Prozeß, der die Spuren der früheren Entwicklung vernichtet und dann die Grundlage für eine neue Entwicklung geschaffen hat.

Aus dem Hügellande ragen aber zwei Gebiete hervor, die Hügelkämme ziemlich an Höhe übertreffend, die aus paläozoischen Gesteinen aufgebaute Berggruppe des Sausal und das Gleichenberger Eruptivgebiet. Im Sausal ist an keiner Stelle eine ausgesprochene Verebnungsfläche zu erkennen, die sich zwischen die Kammhöhen dieses Gebiets und jene des Hügellands einschieben würde. Den morphologischen Auseinandersetzungen von Terzaghi und Leitmeier (Lit. Nr. 15) kann ich ganz und gar nicht beipflichten; die von ihnen beschriebenen Formen können bei einer strengen morphologischen Beurteilung nicht als Verebnungen angesprochen werden. (Die von Leitmeier in seiner Karte angegebenen Flußgerölle kommen nicht in Betracht, denn sie liegen nicht höher als sonst die pliozänen Schotter.) Bemerkenswert sind aber die schon von Rolle als epigenetisch erkannten Flußdurchbrüche des Sulm. Aus diesen geht die Existenz einer ziemlich hoch gelegenen Talebene hervor, auf der die Sulm ihren Lauf gegen Osten genommen hat. Noch merkwürdiger ist aber eine andere, auch schon von Rolle hervorgehobene Tatsache. Die Anordnung des Talnetzes ist nämlich im Sausal ganz die gleiche wie im benachbarten viel niedrigeren Hügellande. Auch hier

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

finden wir ausschließlich die meridionalen Täler und die asymmetrische Lage der Wasserscheide. So unterscheidet sich dieses Bergland nur durch steilere Formen, die auf die größere Widerstandsfähigkeit der Gesteine zurückzuführen sind, vom Hügellande. Diese morphologische Harmonie legt den Gedanken nahe, daß der Entwicklung beider die gleiche Ausgangsform zugrunde lag.

Während also im Sausal keine Verebnungsfläche über der Höhe der benachbarten Tertiärhügel festzustellen ist, finden wir eine solche im Gleichenberger Eruptivgebiet bei Hochstraden in einer Höhe von 568 *m*. Es ist ein deutlich ausgeprägtes und ziemlich ausgedehntes Plateau und im Basalt ausgebildet. Da der Basalt pontischen Alters ist, muß diese Fläche entweder spätpontisch oder wahrscheinlich noch jünger sein. Winkler beobachtet gleichfalls diese Form (Lit. Nr. 34) und bewertet ihre morphologische Bedeutung. Die runde Kuppe des Stradnerkogels hält er für einen Teil eines über jenes Niveau sich erhebenden Hügellandes. Als weitere Zeugen der einstigen Landoberfläche betrachtet er Terrassen im benachbarten Trachytgebiet von Gleichenberg in einer Höhe von 520 *m*. Diese Formen sind aber bei weitem nicht so schön ausgeprägt wie die genannte Ebenheit von Hochstraden. Winkler hält alle diese Formen für mittelpliozän und meint, daß sich damals eine stark abgetragene Basaltlandschaft abgesenkt habe, allmählich übergehend in die von pliozänen Sedimenten aufgebaute Ebene, sich erstreckend bis an die näheren oder ferneren Ufer des pontischen Sees. Die Formen des Stradnerkogels zeigen, daß zur Zeit, als die Täler im Niveau von Hochstraden lagen, die Besaltberge schon eine beträchtliche Abtragung erfahren haben müssen. Es erscheint sonach sicher, daß zwischen die Zeit der Basalteruptionen und die Zeit der Ausbildung des Niveaus von Hochstraden ziemlich viel Zeit verstrichen sein muß.

Die Frage, ob dieses Niveau in die Zeit der höchsten Lage des pontischen Sees fällt, läßt sich geologisch nicht entscheiden. Mir scheint es aber aus morphologischen Gründen sehr wahrscheinlich zu sein, daß das Niveau von Hochstraden einem späteren, also mittelpliozänen Stadium der Entwicklung der Landoberfläche entspricht. Ich halte es also für wahrscheinlich, daß auch hier die pontische Ausgangsform höher lag. Denn wie im Sausal bemerken wir auch im Gleichenberger Eruptivgebiet, daß die Anlage der Täler fast ganz unabhängig ist von der Ausdehnung der vulkanischen Gesteine. Auch hier finden wir Durchbrüche, die man wohl nur epigenetisch erklären kann und auch hier liegt die Wasserscheide wie westlich davon im niedrigeren Hügellande asymmetrisch.

So erscheint es naheliegend, anzunehmen, daß die pliozäne Aufschüttungsfläche der Grazer Bucht höher lag als die höchsten Erhebungen des Sausals und des Gleichenberger Gebiets; sie wäre also westlich der Mur rund 700 *m* gelegen gewesen und im Osten immer noch wesentlich über 600 *m*. Man wird dem vielleicht entgegenhalten, daß diese morphologische Uebereinstimmung so verschieden hoher Gebiete auch bei ganz verschiedenen Ausgangsformen entstanden sein könnte, wenn nur die Kräfte, die für die Anlagen des Flußsystems maßgebend waren, in beiden Fällen dieselben waren. Man wird aber bei ein-

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

gehender Ueberlegung kaum solche Kräfte finden können, die die Entwicklung aus verschieden alten Ausgangsformen zu dem gleichen Ergebnisse erklären könnten. In diesem Zusammenhange möchte ich noch auf eine auffällige Erscheinung hinweisen. Etwas östlich des Gleichenberger Gebietes geht das Hügelland allmählich in die ausgedehnten Riedelflächen zwischen Raab und Zála über; diese sind nach einer freundlichen Mitteilung des Herrn Prof. Loczy von Schottern bedeckt. Hier ist die Anordnung des Flußnetzes eine ganz andere als im benachbarten steirischen Hügellande und ich denke mir, daß hier eine jüngere pliozäne Aufschüttungsfläche vorliegt, auf der dann Täler von ganz abweichenden Richtungen angelegt wurden. Das Material zu dieser jüngeren pliozänen Aufschüttung wäre von der Raab und ihren Nebenflüssen den älterpliozänen Schottern Mittelsteiermarks entnommen worden. Diese zum zweitenmal abgelagerten Schotter wären ungefähr ein Aequivalent der jüngsten pliozänen Donauschotter bei Wien.

So ist es vor allem auf Grund morphologischer Betrachtungen möglich, über die pliozänen Zustände der Grazer Bucht Vorstellungen zu gewinnen. Nach der vorpontischen Erosionsepoche setzt eine bedeutende Aufschüttung ein, deren Produkt eine weit über den Kämmen des Tertiärhügellandes gelegene Fläche — jedenfalls von Gestalt mehrerer nebeneinander liegender Schwemmkegel — ist. Diese Aufschüttung ist der letzte wichtige Abschnitt der Entwicklung der Grazer Bucht vor der Eintiefung der heutigen Täler. Deren Bildung ging auch nicht ohne Unterbrechungen vor sich; auf diese hat Sölch hingewiesen und Hilber hat ihnen für die Umgebung von Graz eine eingehende Darstellung gewidmet (Lit. Nr. 16). So zahlreich auch die Spuren von späteren Stillständen der Erosion sind, so kann doch kein einziger für die Ausgestaltung des Randgebirges nur annähernd eine solche Bedeutung gewonnen haben wie die Zeit der großen pliozänen Aufschüttung. Die während dieser Zeit der ständigen Hebung des unteren Denudationsniveaus im Gebirge entstandenen flacheren Oberflächenformen mußten dann bis zu einem gewissen Grade die Ausgangsformen für die weitere Entwicklung und damit jedenfalls auch für das heutige Relief werden.

III. Die Oberflächengestaltung des Gebirgsrandes.

Schon bei oberflächlicher Betrachtung des Randgebirges der Grazer Bucht fallen die oft sehr breiten Kämme auf, deren Firstlinien vielfach auf längere Erstreckung hin ungefähr die gleiche Höhe beibehalten. Zu ihnen gesellen sich dann in der Höhe flache Gehänge und manchmal Formen die sich auf den ersten Blick auf alle Talböden zurückführen lassen. Es treten also in der Höhe Formen auf, die in entschiedenem Gegensatze stehen zu den steileren Formen der tieferen Tallandschaften. — Sölch hat jüngere und ältere Formen voneinander unterschieden. Ohne darauf näher einzugehen, nimmt er von dén älteren an, daß sie vor dem Einbruch der Grazer Bucht ent-

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

standen seien. Auch Winkler (Lit. Nr. 33) hält es für möglich, daß die im Bereiche der Umrandung der Grazer Bucht und im Bachern mit großer Deutlichkeit zu erkennenden „Terrassen" alttertiär, wahrscheinlich oligozän seien. An mehreren Stellen finden sich mit den alten Formen in Verbindung hochgelegene Schotter, die der morphologischen Betrachtung natürlich sehr wichtige Anhaltspunkte bieten und so das Bild des alten Reliefs entschleiern helfen. Bei der Durchführung einer Formenanalyse des Gebirgsrandes stellte sich aber die Notwendigkeit heraus, dafür eine sichere theoretische Grundlage zu gewinnen. Im Laufe meiner Untersuchungen habe ich mich von folgendem Gedankengange leiten lassen.

Die meisten der in die Grazer Bucht mündenden Täler haben V-förmigen Querschnitt, es sind Täler, in denen die Erosion noch mehr oder weniger lebhaft an der Vertiefung arbeitet. In diesen Tälern ist die Gestaltung der Gehänge abhängig von der Erosion. Wo Sohlentäler auftreten, ist der Prozeß der Talbildung infolge von lokalen Verhältnissen — geringere Widerstandsfähigkeit des Gesteins oder größere Wassermengen — schon weiter vorgeschritten; die Gehänge sind da freilich schon mehr in Ruhe, zeigen aber vielfach die Spuren gegenwärtiger oder noch nicht lange vergangener Untergrabungen. Die Gestalt der Kämme endlich ist wieder abhängig von dem Zustande der Gehänge; wo diese sich noch nicht im Gleichgewichtszustande befinden, haben die Kämmme Gratformen, während sie bei im wesentlichen ruhenden Gehängen schon mehr oder weniger gerundet erscheinen, also Rückenformen besitzen. Die Formen aller dieser Täler, der Kerb- und Sohlentäler, ihre Gehänge und die dazugehörenden Kämme sind danach als die Formen eines einzigen Prozesses zu betrachten; sie sind gleichalt, wenn sie auch im einzelnen betrachtet verschieden aussehen, also einen verschiedenen Reifegrad besitzen mögen. Daneben treten aber Formen auf, die sich nicht allein auf das heute wirkende Kräftesystem zurückführen lassen. Ihre Erscheinung steht in einem Mißverhältnis zu den jetzt wirkenden Faktoren. In ihnen sind noch ältere Formen als Ausgangsformen zu erkennen, sie sind nicht ausschließlich von den vor unseren Augen wirkenden Kräften geschaffen worden, sondern man erkennt vielmehr, daß diese Kräfte an der Vernichtung einer alten Form arbeiten, daß es ihnen aber noch nicht gelungen, diese ganz auszutilgen und ganz ihrem System zu unterwerfen. Diese Formen müssen als die Ruinen eines alten Reliefs von den übrigen getrennt werden. Diese Scheidung ist nur möglich unter Berücksichtigung aller örtlich wirkenden Faktoren; sie soll aber nicht darauf hinauslaufen, alle Erscheinungen nach einer bestimmten Terminologie in ein festes System zu bringen. Bei der Mannigfaltigkeit und der tausendfältigen Abstufung der an der Oberflächengestaltung wirkenden Faktoren müssen die Erscheinungen auch überaus verschieden sein und so glaube ich, daß ein Verzicht auf eine bestimmte, sehr ins Einzelne gehende Terminologie, was vielleicht als ein Mangel erscheinen mag, der Formenanalyse nur zum Vorteil gereicht, indem dadurch die Untersuchung an Vorurteilslosigkeit gewinnt. Mit diesen Gesichtspunkten, von denen ich mich schon seit Jahren leiten ließ, ohne diesen Standpunkt öffentlich zu vertreten,

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

glaube ich mich in Uebereinstimmung zu befinden mit S. Passarge, der in seiner Physiologischen Morphologie Kap. V (siehe Lit. Nr. 17) ähnliche Gedanken äußert. Ich wende deshalb jetzt die von ihm geprägten Ausdrücke „harmonisch" und „disharmonisch" für die beiden Formengruppen an und nenne weiterhin, wie er alle Erscheinungen, die durch die heutigen abtragenden und aufschiebenden Faktoren erklärt werden können, harmonisch, dagegen disharmonisch alle diejenigen Erscheinungen, die durch die heutigen Kräfte nicht erklärt werden können.

Aus den disharmonischen Formen werden die Ausgangsformen, also Teile des einstigen Reliefs rekonstruiert. Wo aber die Wirkungen der heutigen Kräfte sehr gering sind oder ganz fehlen, liegen überhaupt Stücke des früheren Reliefs vor; dabei bleibt meist noch die Frage zu lösen übrig, welchem einstigen unteren Denudationsniveau diese Formen entsprechen.

Wie notwendig eine solche theoretische Ueberlegung als Grundlage für die morphologischen Untersuchungen ist, ist schon daraus zu erkennen, daß man in der Literatur oft ungeklärten Ansichten über die Bedeutung einzelner Formenelemente begegnet und daß besonders häufig Formen als Reste alter Talböden bezeichnet werden, wo eine solche Auffassung dann bei eingehender kritischer Untersuchung keineswegs aufrecht bleiben kann. Ich möchte für unser Gebiet nur darauf hinweisen, daß von Sölch der Ausdruck „intakte Riedelfläche" sehr mit Unrecht angewendet wird, daß Leitmeier und besonders Terzaghi (Lit. Nr. 15) Formen als Stufen bezeichnen, wo dies ohne näheren Beweis keineswegs berechtigt ist. Auch Hilber (Lit. Nr. 16) scheidet manche Formen, für die man zu einer solchen Erklärung wohl nicht zu greifen braucht als selbständige Stufen aus.

Wie schon erwähnt, finden sich auf den Höhen um die Grazer Bucht an mehreren Stellen in großer Höhe, von den Tertiärschichten mehr oder weniger getrennt, Schotter. Zum Teil sind sie in der Literatur schon besprochen, so vor allem die Schotter, die nördlich von Graz auf den Abhängen des Schöckelstockes bei Kalkleiten, Zösenberg usw. oder etwas weiter westlich davon in der Gemeinde Schattleiten vorkommen. Sie wurden zuerst von Peters, dann von Hilber und Hörnes behandelt (Lit. Nr. 18, 10, 11). Westlich der Mur hat Hilber auf dem Straßenglerberg Schotter gefunden und W. Schmidt spricht von solchen, die nördlich von Voitsberg auf den Höhen von Hochtregist und nordöstlich vom Hochkogel bei Punkt 633 gefunden wurden (Lit. Nr. 19). Auch aus dem Gebiete östlich der Mur sind Schotter bekannt, so vor allem bei Pöllau, wo sie von Hilber (Lit. Nr. 3) und Eigel (Lit. Nr. 20) nachgewiesen wurden und bei Vorau, die ebenfalls Hilber erwähnt. Zum Teil sind diese Schottervorkommen schon in der Karte von Stur eingetragen. Hörnes und Hilber, und ihnen folgt auch Sölch, stellen diese Schotter aus verschiedenen Gründen, die vorläufig nicht erörtert werden sollen, zu den pontischen Schottern; Hilber betont aber, daß man sie ebensogut auch für älter halten könne. Es soll hier auf diese Altersfrage noch nicht eingegangen werden, sondern diese Schotter sollen uns nur als Ausgangspunkte für die morphologische Betrachtung dienen.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Wir wollen die Betrachtung in der Gegend von Voitsberg und Köflach beginnen. Hier erreichen die zusammenhängenden Schotter Höhen von über 600 *m*. Von ihnen isoliert liegen einige Schotter, die diese Höhen nicht erreichen. Von ihnen rechne ich die Schotter, die ich nördlich des Zigöller (Köflach, Nord) fand, wegen der Aehnlichkeit mit den übrigen, zu den pliozänen Schottern. Dagegen muß ich die spärlichen Schotter auf dem Rücken zwischen Kainach und Gößnitz und auf einer Terrasse des Gößnitztales (bei Puchbach) aus morphologischen Gründen für jünger halten; sie wurden abgelagert, als die große pliozäne Aufschüttungsfläche zertalt wurde. Im Gegensatz zu diesen liegen weiter südlich bei St. Martin Schotter in 700 *m* Höhe, also höher als die zusammenhängenden pliocänen Schotter. Sie liegen auf Rücken, deren Riedelformen zum Teil noch gut zu erkennen sind. Es war also in dieser Höhe ein Talniveau. Bedeutend höher liegen aber die Schotter nördlich von Voitsberg, auf den beiden Rücken von Hochtregist; auf dem Hochkogel erreichen sie die Höhe von 792 *m*. Die Rücken zeigen durchaus eine starke Abtragung. Wie hoch die Schotterfläche lag, läßt sich also nicht genau feststellen; 800 *m* ist ein Minimum. Der östlich benachbarte Rücken zwischen Söding- und Liebochgraben ist, wie eine morphologische Untersuchung ergibt, auf eine Ausgangsform zurückzuführen, die mit dem einstigen Talniveau von Hochtregist übereinstimmen dürfte.

Interessant ist, daß sich aus den morphologischen Verhältnissen des Teigitschgebietes (Köflach-Voitsberg, S) auch ein Schluß auf die Existenz einer einstigen, über 800 *m* hoch gelagerten Flußebene ergibt. Es weist darauf hin, daß die Höhenentwicklung des Rückens, der von Edelschrott links der Teigitsch gegen Ost zieht, in auffälligem Gegensatz steht zu den Gefällsverhältnissen der Teigitsch selbst. Die Kräfte, die heute an der Umgestaltung der Formen arbeiten, haben die Höhenentwicklung dieses Rückens nicht bedingt. Es liegen also in ihm Erscheinungen vor, die gegenüber den heutigen Faktoren als disharmonisch zu bezeichnen sind. In dieser Auffassung wird man durch folgende weitere Ueberlegung bestärkt. Die Teigitsch wendet sich bei Edelschrott gegen SO, obwohl man nach dem Abfall des Gebirges gegen die nördliche Tertiärmulde von Köflach einen Lauf gegen diese, also nach N erwarten müßte. Die Meinung, daß der Fluß vorher diese Richtung genommen, später aber vielleicht durch Anzapfung davon gegen SO abgelenkt worden wäre, ist hinfällig. Das Teigitschtal hat hier in seinem östlichen Teil durchaus den Charakter eines jugendlichen Erosionstales, zum Teil ist es eine wilde Klamm. Es steht so im Gegensatz zu dem Tale, das von der Gößnitz (östlich von Puchbach) und der untersten Teigitsch durchflossen wird. Dieser Gegensatz ist aber nicht bedingt durch ein geringeres Alter des besprochenen Talstückes der Teigitsch, sondern einzig und allein durch ungünstigere Erosionsbedingungen, indem hier widerstandsfähigere Gneise anstehen, während jenes andere Tal in Glimmerschiefer eingetieft ist. Da also hier ungünstigere Bedingungen für die Erosion herrschen, so ist eine Anzapfung von dieser Seite gänzlich ausgeschlossen, im Gegenteil, die Erosion ist hier zurückgeblieben. Die Anlage kann nur erklärt werden durch die Annahme einer im allgemeinen gegen Osten geneigten

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Fläche, auf die die Teigitsch bei Edelschrott traf. Aus dieser Fläche wären dann auch die Rücken links der Teigitsch (von Edelschrott östlich) herausgebildet worden. Als Reste einer solchen Fläche möchte ich noch den Rücken des Wartenstein (Ligist, NW) rechts der untersten Teigitsch betrachten. Diese beiden letztgenannten Rücken bilden eine Vorstufe des Gebirges, die zu den Gefällsverhältnissen der Täler in keiner Beziehung steht und so leicht als disharmonische Form erkannt wird. Diese Fläche muß etwas über 800 *m* gelegen gewesen sein. (Oestlich von Edelschrott hat der Rücken noch Höhen von 830 *m*, am Jurikogel 843 *m*; weiter östlich dann aber Höhen unter 800 *m*.) Ich möchte sie in Beziehung bringen zu der durch die Schotter des Hochkogels angedeuteten Talfläche. Zu bemerken ist, daß die Oberflächenformen der Rücken, die westlich von Köflach und Lankowitz gegen die Stubalpe hinanziehen und vielfach auch die der Rücken und höheren Gehänge im Sallagebiet disharmonisch sind und auf ein unteres Denudationsniveau in einer Höhe über 800 *m* hinweisen.

Mit der östlich von Edelschrott zu rekonstruierenden hohen Talebene stimmen auch die Oberflächenformen im Gebiete der oberen Teigitsch, des Packbaches und des Mödriachbaches (also südlich und westlich von Edelschrott) überein. Hier finden wir überall ziemlich flache Gehänge und breite Rücken, zum Teil sehr stark mit Verwitterungsschutt bedeckt. Alle diese Formen sehen alt aus und sind von den heute wirkenden Kräften wenig berührt. Die Erosionsleistungen dieser genannten Bäche sind hier sehr gering; die jungen Formen treten stark zurück hinter den alten. Es ist hier fast die ganze Landschaft disharmonisch. Sie ist ein Ueberbleibsel aus jener Zeit, in der das Haupttalniveau selbst noch über 800 *m* hoch gelegen war. Die Erhaltung dieser alten Zustände ist zu erklären aus der Behinderung der Erosion, die die Teigitsch in dem Talstücke östlich von Edelschrott erfahren hat.

Gegenüber diesen Erscheinungen muß ich die Schotter und Formen bei St. Martin wie auf dem Rücken zwischen Gößnitz und Kainach für jünger halten. Man könnte sonst nur denken, daß sie die Basis einer Schotterauffüllung wären, die bis zu einer Höhe von über 800 *m* emporgereicht hätte; die morphologischen Verhältnisse sprechen aber dafür, sie als Schotter zu betrachten, die in jüngeren Tälern bei der Zerschneidung der alten hohen Landoberfläche abgelagert wurden.

Verfolgt man den Gebirgsrand von hier gegen Süden bis in die Gegend von Eibiswald, so fallen in den von der Koralpe gegen Ost herabziehenden Rücken an mehreren Stellen Verbreiterungen auf. Ihre Gehänge sind oben flach und schneiden scharf ab gegen die unteren steilen Erosionsgehänge der schluchtartigen Kerbtäler. Reste von Talböden finden sich zwar nicht, wenn auch an einzelnen Stellen, so nördlich von Schwanberg und bei St. Oswald ob Eibiswald Schotter auftreten, die man für junge Auflagerungen halten muß Es sind also hier die heutigen Kerbtäler eingeschnitten worden in eine Landschaft mit weniger scharf ausgeprägtem Relief.

Eine andere Gruppe von morphologischen Erscheinungen knüpft sich an die oben erwähnten Schotter, die auf den Höhen in der Um-

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

gebung von Graz und dann die Mur aufwärts bei Peggau zu finden sind. Die Schotter erreichen bei Graz Höhen von 700 *m*. Die morphologische Untersuchung ergibt, daß diese Höhen aber ein Minimum für die Lage der einstigen Aufschüttungsfläche sind. In der Gemeinde Schattleiten (nördlich von St. Veit) liegen grobe Schotter westlich und südlich des Maxenkogels, und zwar südlich auf einem ziemlich schmalen Rücken, der also schon eine starke Abtragung erfahren hat. Die sanften Geländeformen, die sich vom Maxenkogel westlich und dann „am Krail" ausdehnen und die gegenüber den steilen Gehängen der heutigen Täler deutlich disharmonisch erscheinen, sind daher auch jünger als die einstige zerstörte Aufschüttungsfläche. Aehnlichen Verhältnissen begegnet man beim Kalkleitenmöstl, dann weiter östlich bei Rinnegg und Weinberg, wo die Schotter am oberen Rande von sanft geneigten Flächen liegen, so daß diese also aus der Aufschüttungsfläche herausgearbeitet sein müssen. Man wird also auch hier annehmen müssen, daß die Aufschüttungsfläche wesentlich höher lag; aus ihr wurde dann natürlich auch der Rücken des Linnekberges (694 *m*) und die Platte herausgeschnitten. Die Schotter, die von Hilber auf dem Straßenglerberg gefunden wurden, bedeuten auch keineswegs ein Maximum in der Höhe der Aufschüttung. Ich fand westlich davon auf dem Abhange des Kirchbergkogels im Gehängeschutt in einer Höhe von 700 *m* einzelne Gerölle; sie sind schon umgelagert, lagen also früher noch höher.

Bestand hier eine Aufschüttungsfläche in einer Höhe über 700 *m*, so sind jedenfalls mehrere Berge zu beiden Seiten des Murtales oberhalb der Ausmündung in die Grazer Bucht aus ihr herausgebildet worden. Am besten lassen sich so die Höhenverhältnisse und Formen des Hienning (Wasserscheide zwischen Murtal und Rötschgraben) erklären. Für die Beurteilung der Formen des Beckens von Semriach kommen vor allem die Schotter in Betracht, die im Gebiet der Tanneben, nordnordöstlich von Peggau liegen (am Blodererkogel bis 800 *m* hoch). Damit übereinstimmend findet sich in der Gegend von Semriach bei Neudorf eine deutliche, nahezu 800 *m* hoch gelegene Verebnungsfläche, die zum Teil im Kalk und zum Teil im Semriacher Schiefer ausgebildet ist; in sie ist hier auch eine ansehnliche Doline eingetieft. Ich muß danach annehmen, daß die Rücken und flachen Gehänge der Umgebung von Semriach, die hier mit geringer Neigung bis zu Höhen von ungefähr 780 *m* ansteigen, aus dem Niveau der Fläche von Neudorf als Ausgangsform herausmodelliert wurde. Nach der Verteilung der Höhen glaube ich, daß die Mulde von Semriach gegen den Rötschgraben hin entwässert wurde, wenn nicht schon sehr früh hier eine unterirdische Entwässerung zur Geltung kam. Dieser ist es zweifellos zuzuschreiben, daß hier die alten Formen weniger zerstört wurden als sonst in der Umgebung. Die früher besprochenen Rücken vom Maxenkogel südlich, dann der von Zösenberg und die weiter östlich bis Rinnegg bilden mit den durch den Annagraben abgetrennten Höhen des Linneckberges und der Platte eine dem Schöckelstock südlich vorgelagerte Stufe. Sie setzt sich weiter nach Osten hin fort bis Weiz; die Raab zerschneidet sie vor ihrer Ausmündung ins Tertiärhügelland. Die morphologische Ausgestaltung

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

dieser ausgedehnten Vorstufe ist überaus mannigfaltig. Tief eingerissenen Kerbtälern mit steilen Flanken stehen flache Muldentälchen gegenüber, in die die Erosion noch nicht weit genug zurückgegriffen hat und in denen so noch alte Landschaftsformen erhalten geblieben sind; die Rücken sind stellenweise sehr breit und senken sich nur ganz allmählich und gehen zuerst in ganz flache Gehänge über, die erst weiter in der Tiefe von steilen Lehnen abgelöst werden; wiederholt trifft man auch alte sanfte Gehänge; kurz, es treten eine Fülle von disharmonischen Formen auf. Sehr schwierig ist es auf den ersten Blick, alle diese Formen in ein System zu bringen. Es fehlen hier die Schotter, die auf die Höhe einer einstigen Ausgangsfläche einen Schluß gestatten würden. Da aber bei Graz durch die Schottervorkommen die Existenz einer hochgelegenen Aufschüttungsfläche nachgewiesen ist, so muß eine solche östlich davon über dem heutigen Hügelland auch bestanden haben. Da nun hier in dem erörterten Gebiete selbst keine Schotter vorkommen, so denke ich mir, daß sich zwischen den Schöckelstock und die Aufschüttungsfläche ein krystallinisches Berg- und Hügelland einschob, dessen Höhe natürlich gegen die Ebene abnahm.

Bei der Eintiefung der heutigen Täler könnten sehr gut daraus jene Formen entstanden sein, die wir jetzt vor uns haben. Es ist dazu zu bemerken, daß diese hier besprochenen Formen scheinbar in einem Gegensatz stehen zu den Formen des Schöckelzuges. Dieser Gegensatz ist aber nur dadurch hervorgerufen, daß der Schöckelzug meist aus Kalk (Schöckelkalk) aufgebaut ist, während die südliche Vorstufe aus krystallinischem Gestein (Schiefer und Gneis) besteht. Wo aber die krystallinischen Gesteine bis zum Hauptkamm hinauf reichen (nordöstlich vom Schöckelkopf), da beobachtet man ein allmähliches Uebergehen der Formen der Vorstufe in die des Hauptkammes.

Wie schon erwähnt, wird diese Vorstufe im Osten von der Raab zerschnitten. Die Raab kommt aus dem Passailerbecken und durchschneidet den Schöckelkalkzug zwischen Kalkriegel (Punkt 1135 *m*) und dem Sattelberg; dann wird ihr Tal von bedeutend niedrigeren Rücken eingeschlossen. Rechts der Raab sinkt ein Rücken von Punkt 770 *m* herab und links erhebt sich ein Rücken bis 650 *m*; kurz vor ihrem Austritt ins Hügelland durchfließt sie nochmals eine Schlucht zwischen dem Steinberg (△ 632) und Hohenkogel (etwas über 600 *m*).

Sieht man von der Raabschlucht ab, so erscheinen diese krystallinischen Rücken wie ein einziger Bergzug, der sich von den rückwärts höher ansteigenden Bergen scharf abhebt und sich gegen Südost zwischen die Tertiärmulde von Kleinsemmering und Leska einschiebt. Läßt schon die morphologische Isolierung dieses Bergzuges auf die Existenz einer höheren Ausgangsfläche schließen, so führt die Anlage des Raabtales, das diesen Bergzug in der Mitte durchschneidet, noch viel deutlicher zu einem solchen Schluß. Sie ist nämlich nur epigenetisch zu erklären durch die Annahme, daß das tertiäre früher höher aufgeragt hat als die vom Raabtal zerschnittenen krystallinischen Rücken; wäre das nicht der Fall gewesen, hätte die Raab unbedingt einer der beiden tertiären Mulden zufließen müssen, oder es wäre ihr Tal wenigstens von einer dieser Mulden her angezapft worden.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Die genaue Betrachtung dieses Gebietes läßt übrigens keinen Zweifel in dieser Hinsicht aufkommen.

Der Mortantschbach, der die tertiäre Mulde von Laska und Mortautsch zertalt, mündet nämlich nach Durchschneidung eines krystallinischen Rückens in die Raabschlucht, und die Raab schneidet selbst die Mulde von Kleinsemmering an, um dann aber wieder zwischen krystallinischen Bergen weiterzufließen; ja sie nimmt hier auch den Bach auf, der die Mulde von Kleinsemmering entwässert. Freilich, wie hoch die Fläche lag, auf der das heutige Raabtal angelegt wurde, dafür hat man hier selbst keinen Anhaltspunkt, denn einmal fehlen Flußschotter und dann gestatten auch die krystallinischen Rücken der beiden Seiten des Raabtales morphologisch keinen sicheren Schluß.

Wie schon erwähnt, durchschneidet die Raab, bevor sie in die eben besprochene epigenetische Talstrecke eintritt, den von Südwest gegen Nordost ziehenden Schöckelkalkzug; nordwestlich von diesem Horst (siehe Heritsch, Lit. Nr. 21) folgt um Passail ein breiter Streifen von Semriacher Schiefer. Dieses Gebiet ist nach Heritsch ein Einbruchsbecken zwischen dem genannten Horst und dem paläozoischen Stock der Teichalm.

Im Passailer Becken liegen ziemlich ausgedehnte tertiäre Schichten, über die nur Andrae (Lit. Nr. 22) etwas eingehender berichtet hat; es kommen hier Konglomerate und Breccien, Sandstein und Tegel mit Braunkohlen vor. Sie wurden von Stur den übrigen Braunkohlen führenden tertiären Schichten gleichgestellt. Daneben habe ich noch südlich von Hochenau bei Punkt 909 Schotter gefunden; diese Schotter stehen, wie es scheint, in keiner Beziehung zu den übrigen tertiären Schichten der Gegend.

Die Landschaft hat im Becken von Passail den Charakter eines Hügellandes. Zwischen den einzelnen Quelltälern der Raab liegen meist breite Rücken. Selbstverständlich sind die Formen je nach dem Gesteine sehr verschieden. Wo weiche tertiäre Gesteine liegen, sind die Formen flach und die Täler breit; das Tertiär wurde schon stark ausgeräumt. Die Formen der Rücken weisen auf verschiedene Ausgangsformen hin. Sehr häufig findet man bei den aus dem Semriacher Schiefer aufgebauten Rücken Höhen von ungefähr 750 *m*. Die Formen dieser Berge zeigen aber keine Verebnungen, sondern man erkennt, daß an ihnen die Abtragung ziemlich Beträchtliches geleistet haben muß. Die immer wiederkehrende Höhe weist aber auf eine gemeinsame Ausgangsform hin. Als deren Reste betrachte ich jene Flächen, die sich gegen Nordwesten von Passail bei Punkt 783 und 792 und nordöstlich bei 782 finden. Es sind da breite Rückenflächen, zum Teil ausgesprochene Riedel, Formen, die sofort als disharmonisch, gegenüber den ziemlich steilen Talgehängen zu erkennen sind. Ich denke mir, daß hier eine Landschaft bestand mit breiten Talflächen im Niveau von ungefähr 790—800 *m*; es war wohl eine Abtragfläche mit sehr geringen Höhenunterschieden. Einzelne Formen weisen aber auf tieferliegende Ausgangsformen hin, die eben einem späteren Stadium der Entwicklung entsprechen. Dagegen haben einzelne Rücken das Niveau von rund 800 *m* stärker überragt, so der Rücken nordöstlich von Passail, wo bei Punkt 909 die schon erwähnten Schotter liegen.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Deuten diese Schotter auch auf eine hochliegende Aufschüttungsfläche hin, so konnte ich diese doch nicht als Ausgangsform für die meisten Rücken des Passailer Beckens betrachten, weil eben zwischen beiden noch die gut erhaltenen Riedelflächen von rund 790 *m* Höhe liegen. Dieses Niveau von 790—800 *m* ist in das Tertiär von Passail eingeschnitten, ist also jünger. Für die Schotter von Punkt 909 gibt es keine näheren Anhaltspunkte; sie stehen, soviel ich sah, in keinem Zusammenhang mit dem übrigen Tertiär, und sind wahrscheinlich auch jünger; vielleicht kann man mit der durch sie angedeuteten Aufschüttungsfläche, die jedenfalls erheblich höher als 900 gelegen war, noch eine Form in Beziehung bringen, die deutlich als Rest einer einstigen Landschaft zu erkennen ist. An der Wasserscheide zwischen dem Passailer Becken und dem Tyrnauer Graben ist bei Vorder-Tyrnau in einer Höhe von 968 *m* im Kalk deutlich eine große Doline ausgebildet. Sie ist stark ausgefüllt und zeigt einen ziemlich ausgedehnten, fast ebenen Boden. Daß diese kein Teil eines einstigen Tales ist, erkennt man sofort aus dem Fehlen irgendwelcher Einschwemmungen aus fließendem Wasser und vor allem daran, daß der Boden überall von Kalk, wenn auch zum Teil nur ganz wenig, überragt wird. Diese Doline liegt, wie gesagt, auf der Wasserscheide; nordwestlich wird ihre Umrandung durch das 354 *m* hohe rechte Steilgehänge des Tyrnauer Grabens abgeschnitten und ihr südwestlicher Rand wird durch die aus dem Passailer Becken nach rückwärts einschneidenden Bäche zerstört.

Es ergeben sich so für das Passailer Becken die Umrisse einer sehr mannigfaltigen Entwicklungsgeschichte. Die Eintiefung der heutigen Täler erfuhr weniger bedeutende Stillstände; ihr ging voraus die Ausbildung einer ausgedehnten Abtragfläche von 790—800 *m* Höhe. Weiter zurück liegt die Zeit, aus der die über 900 *m* hoch liegenden Schotter nordöstlich von Passail und die Doline von Vorder-Tyrnau stammen; dem ging wahrscheinlich das Stadium voraus, in dem die ausgedehnten Tertiärschichten des Beckens gebildet wurden. Danach ist es wohl klar, daß man die beiden Täler der Raab und des Weizbaches nicht ohne weiteres als primäre Ueberflußdurchbrüche bezeichnen kann, wie dies Heritsch tut. Die Anlage der beiden Täler geht wohl sehr weit zurück und es scheint mir so zunächst nicht möglich, sich darüber ein abschließendes Urteil zu bilden. Im einzelnen bekommt man aber den Eindruck, daß der Durchbruch der Raab älter ist. Dafür spricht, daß das Tal des Weizbaches oberhalb des Durchbruches jugendlichere Formen zeigt, als die Quelltäler der Raab im gleichen Gesteine. Uebrigens finden sich auch Spuren von Anzapfungen, die vom Tal des Weizbaches gegen das Raabgebiet gerichtet sind.

Zwischen dem Weiztal und dem Feistritztal finden sich auch mehrfache Spuren höherer Landoberflächen. So liegt nördlich von Weiz bei Landscha in einer Höhe von über 600 *m* eine ausgedehnte Verebnung. Oestlich davon treten südlich des Raasberges in Höhen über 600 *m* Formen auf, die als die Reste einer einstigen Karstlandschaft zu betrachten sind. Zwei große Dolinen mit ebenen Böden sind deutlich zu erkennen.

Sehr zahlreich sind die disharmonischen Formen im Feistritztal. Die Rücken am rechten Gehänge des Feistritztales südlich von Anger

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

weisen entschieden auf eine höhere Fläche als Ausgangsform hin. Nördlich von Anger finden sich auf den schmalen Rücken und Gehängen rechts des Tales an verschiedenen Stellen Schotter und einzelne Gerölle in Höhen bis zu ungefähr 640 *m*; doch gestatten die Formen hier keine weiteren Schlüsse. Sehr interessant sind die Verhältnisse in der weiteren Umgebung von Birkfeld. Schon eine oberflächliche Betrachtung läßt hier eine Disharmonie der Formen erkennen. Scharf heben sich die breiten Rücken von den übrigen Bergen ab und stehen wieder in auffallendem Gegensatz zu den scharf eingeschnittenen, schluchtartigen Tälern. Eine genaue Untersuchung ergibt, daß hier die Reste von zwei Stadien der Formentwicklung vorliegen. Der Rücken von Piregg (zwischen Gasen und Weißenbach) gehört oberhalb Birkfeld einer höheren Stufe an. Ihre einstige Höhe ist angezeigt durch ein nicht unbeträchtliches Schottervorkommen, das sich vom Grubbauer (ō 770) gegen Nordwest hin erstreckt; Reste davon finden sich auch in kleinen Partien noch südöstlich davon. (Unter dem Schotter wurde auch Braunkohle erschürft.) Dieser breite Rücken wurde also aus einer Aufschüttungsfläche herausgebildet, die mindestens 820 *m* hoch lag. Sie erhielt ihre heutige Gestalt im wesentlichen während des nächstfolgenden Stadiums, dessen Reste gleich östlich davon in dem Rücken zwischen Weißenbach und Feistritz zu erkennen sind, wo auch (beim W. H. Gallbrunner und bei ō 748) Schotter liegen. Außerdem finden sich noch an vielen anderen Stellen Formen, die einer der beiden Stufen entsprechen. Vor allem sind die Formen häufig, die dem ersten Stadium zuzurechnen sind. So sind die Mulden von Miesenbach (Birkfeld, ONO) und von Strallegg (Birkfeld, NO) Reste der Landschaft des ersten Stadiums. Sind auch Stücke des alten Talbodens kaum mehr erhalten, so sind dafür fast alle Gehänge der Berge der alten Landschaft angehörend und von der heutigen Erosion ganz unberührt geblieben. Hier überwiegen ganz ähnlich wie im Gebiete der oberen Teigitsch (Köflach, S) die alten Formen weit über die rezenten.

Die natürliche Ausmündung des Feistritztales in die Grazer Bucht ist westlich des Kulm (△ 976 *m*). Hier wurde pliozäner Schotter über pliozänem Tegel und sarmatischen Bildungen aufgeschüttet; sie reichen südlich von Anger bei Hartberg nahezu bis 600 *m* Höhe hinauf. Die Feistritz nimmt aber heute einen anderen Weg. Sie wendet sich nach Osten, schneidet zuerst vom Stock des Rabenwaldes den Berg von St. Ulrich (+ 556) ab — dieser Durchbruch ist natürlich ohne weiteres epigenetisch zu erklären — und fließt dann zwischen dem Kulm und dem Rabenwald (Freienbergklamm) weiter. Für die Entstehung dieses letzteren Durchbruches kann ich keine Erklärung geben. Da die pliozänen Schotter westlich von Kulm liegen und in der Umgebung der Freienbergklamm, soviel ich gesehen habe, keine Schotter zu finden sind, so ist anzunehmen, daß dieser Durchbruch erst nach der pliozänen Aufschüttung geschah. Die epigenetische Entstehung ist wohl ausgeschlossen, denn da müßte man annehmen, daß die Aufschüttung bis nahezu 1000 *m* emporgereicht hätte, oder daß nachträglich hier bedeutende Hebungen stattgefunden hätten. Denkbar wäre es, daß zur Zeit der pliozänen Aufschüttung zwischen dem Rabenwald und

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

dem Kulm schon ein niedriger Sattel bestand; dann könnte der Durchbruch entweder durch seitliches Ueberfließen entstanden sein, oder es wäre vielleicht der niedrige Riegel durch rückschreitende Erosion überwunden worden und so die Feistritz in diese Richtung gelenkt worden. Vielleicht geben andere Untersuchungen darüber sicheren Aufschluß. — Südlich von Stubenberg fließt die Feistritz nochmals durch ein Durchbruchstal (Herbersteinklamm) und trennt so den 531 *m* hohen Buchberg vom Kulmstock ab; dieser letzte Durchbruch kann ungezwungen epigenetisch erklärt werden.

Oestlich der Ausmündung des Feistritztales greift bei Pöllau das Tertiär ziemlich tief in das Gebirge zwischen Rabenwald und Miesenbach ein. Der Tertiär dieser Bucht ist besprochen von Hilber (Lit. Nr. 3). Im Tertiär spielen hier die Schotter die Hauptrolle. Sie finden sich auch an verschiedenen Stellen als Auflagerung auf den krystallinischen Höhen (vgl. Eigel, Lit. Nr. 20). Nordwestlich von Pöllau reichen sie so bis zu einer Höhe etwas über 600 *m* empor. Rings um das Tertiär finden sich Spuren von disharmonischen Erscheinungen; vor allem sind die Formen der östlichen Abdachung des Rabenwaldes alt. Aber es ist doch sehr schwer, deutliche Niveaus zu erkennen. Ich habe den Eindruck, daß hier in verschiedenen Höhen Stufen bestanden, daß aber ihre Formen stark ineinander übergehen und so eine Rekonstruktion des alten Reliefs schwer möglich ist. Doch scheinen die Formen auch hier auf ein Relief hinzuweisen, dessen Talniveau ungefähr 700 *m* hoch lag.

Oestlich des Masenberg-Ringkogelstockes liegt an der Lafnitz und Pinka eine breite Tertiärbucht. Ueber sarmatischem Gestein und lakustren pontischen Schichten liegen hier Schotter, die, wie Hilber bemerkt, in einem innigen Zusammenhang stehen mit den übrigen pontischen Schichten. Diese Schotter lassen sich an einigen Stellen ins Gebirge hinein verfolgen. So sieht man westlich von Dechantskirchen über krystallinischem Gestein die gleichen Schotter, die weiter draußen liegen. Man findet sie noch südlich und südwestlich von St. Lorenzen am Wechsel. Sie liegen hier auf Rücken, die ihre Riedelform noch fast ganz erhalten haben. Die Schotter treten dann auch weiter südwestlich bis gegen Vorau auf (hier sind sie schon auf der Stur'schen Karte eingezeichnet; sie wurden auch von Hilber besprochen). Beim Stift Vorau ist das ursprüngliche Niveau mit 700 *m* Höhe noch erhalten. Dagegen zeigen die weiteren nordöstlich benachbarten breiten Rücken schon eine stärkere Abtragung: hier ist der Schotter zum Teil auch mit eckigen Trümmern des darunterliegenden Gesteines gemischt; die Ablagerung ist eben keine ursprüngliche, sondern ist Verwitterungsschutt. Das diesen Schottern entsprechende Tal hatte also bei Vorau eine Höhe von 700 *m*, bei seiner Ausmündung in die Bucht von vielleicht 650—60 *m*. Nur an wenigen Stellen der Umrandung der Grazer Bucht sind alte Talböden so schön erhalten. Auch die Gehänge rings um die ausgedehnte Mulde von Vorau stehen in schöner Uebereinstimmung mit diesem Talniveau. Auch an der oberen Lafnitz sind disharmonische Erscheinungen sehr häufig; vor allem stehen die Gehänge der Berge in der Umgebung von Wenigzell in keiner Beziehung zu der heutigen Talbildung. Das

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Merkwürdige ist nur, daß man hier bei der Untersuchung der Formen zur Annahme eines unteren Denudationsniveaus in fast 800 *m* Höhe kommt. Es drängt sich so die Frage auf, ob der gefundene Formenkomplex bei Vorau mit dem in der Umgebung von Wenigzell verglichen werden kann. Man könnte auch zu der Meinung kommen, daß die alten Formen bei Wenigzell einem früheren Stadium der Talbildung entsprechen und weiters, daß zur Zeit dieses alten Stadiums das Haupttal aus der Gegend von Wenigzell über Vorau ins Vorland hinauszog. Eine eingehende morphologische Untersuchung zeigt aber, daß eine solche Annahme unhaltbar ist. Erstens läßt sich in den Gehängen rings um die Mulde von Vorau keinerlei Anhaltspunkt für diese Auffassung finden, sondern die Gehänge stehen überall in auffälliger Uebereinstimmung mit dem Talboden von Vorau. Bei Wenigzell treten keine Talbodenreste auf, sondern, wo alte Formen noch ganz erhalten sind, sind es immer Stücke flacher Gehänge; es bestand also wohl hier kein breiter Talboden, sondern es war hier ein weites Muldental. Die große Höhe des unteren Denudationsniveaus ist aus lokalen Verhältnissen zu erklären. Einmal ist die Mulde von Wenigzell von der Mündung des Tales in die Bucht viel weiter entfernt als die Mulde von Vorau und dann ist das Lafnitztal in ein härteres Gestein eingeschnitten, nämlich in Gneis, während in der Umgebung von Vorau ein sehr leicht verwitternder Glimmerschiefer ansteht. Uebrigens ist auch heute die Eintiefung des Lafnitztales gegenüber der des Vorautales weit zurückgeblieben, wie ein Blick auf die Spezialkarte lehrt. Ich halte daher alle hier auftretenden disharmonischen Erscheinungen für gleich alt.

Schwieriger sind die Verhältnisse weiter im Osten, nördlich und östlich von Friedberg zu deuten. Hier treten Tertiärschichten, vor allem Schotter und Konglomerate an verschiedenen Stellen auf, so einmal bei Pinggau, dann bei Lafnitzdorf und Sinnersdorf und nördlich von Pinkafeld; dann weiter im Gebirge östlich von Mönichkirchen, bei Lebenbrunn, Ungerbach und Schönau im Gebirge. Auf den ersten Blick möchte man den Konglomeraten von Sinnersdorf, die dort an die sicher pliozänen Schotter westlich des Pinkatales herantreten, eine ähnliche Stellung zuerkennen, wie den Schottern, die in der Gegend von Graz bei St. Veit aus dem Gebirge heraustreten. Hilber hat sie (a. a. O.) in Uebereinstimmung mit Hofmann für untermiozän gehalten und Mohr (Lit. Nr. 36), der von einem Tertiärstreifen aus der Gegend von Aspang bis gegen Pinkafeld spricht, nimmt ein untermiozänes oder mittelmiozänes Alter für sie an. Es entzieht sich meiner Beurteilung, ob alle diese genannten Vorkommen zusammengehörige Bildungen sind.

Die krystallinischen Berge zeigen auch hier meist disharmonische Formen, die sich zum Teil auf ein unteres Denudationsniveau von ungefähr 700 *m* Höhe zurückführen lassen dürften. Doch müßten die morphologischen Probleme der Krumbacher Berge und der südöstlich anstoßenden Günser Berge Gegenstand einer eigenen Untersuchung sein. Sie müßte vor allem ausgehen von der Betrachtung des Tertiärs der Bucht von Landsee und weiters anknüpfen an das Wiener Becken.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Ueber das Gebiet der Krumbacher Berge möchte ich nur bemerken, daß man hier zu unterscheiden hat zwischen den hochliegenden Resten einer alten Abtraglandschaft, aus der die zum Teil überaus breiten Rücken herausgeschnitten sind, und den tieferliegenden (600—700 *m*) Talbodenresten. In welcher Beziehung die früher erwähnten tertiären Vorkommen zu diesem Talboden, beziehungsweise zur alten Abtragfläche stehen, habe ich nicht untersucht. Auf keinen Fall aber kann ich Schaffer (Lit. Nr. 23 und 37) beistimmen, der die Meinung vertritt, daß ein aus dem Längstal der Mur und der Mürz kommender Fluß, der norische Fluß, beim Semmering das Gebirge verließ und hier gegen Osten ein Delta aufgeschüttet habe. Er kommt zu dieser Meinung auf Grund vereinzelter, weit auseinanderliegender Schottervorkommen; so stützt er sich auf Schotter und Sande, die östlich des Rosaliengebirges auftreten. Er läßt aber dabei ganz außer acht, daß gerade das Rosaliengebirge (also der nördliche Teil der Krumbacher Berge) morphologisch keinen Anhaltspunkt für eine solche Ansicht bietet. Eine genaue, in die Einzelheiten eingehende morphologische Untersuchung dieses Gebietes würde jedenfalls die Unhaltbarkeit dieser auf Grund eines ganz unzulänglichen Materials aufgebauten Hypothese dartun.

IV. Das geologische Alter der disharmonischen Oberflächenformen.

In dieser Weise wurde die Umrandung der Grazer Bucht einer kritischen Untersuchung unterzogen. Das Wesentliche der Untersuchung war die Trennung der den heute wirkenden Kräften harmonischen Formen von den disharmonischen. Gewöhnlich hat die Untersuchung eines Gebietes gleich für eine große Zahl von Erscheinungen zu dem gleichen Ergebnis geführt; es ergaben sich ganze disharmonische Formenkomplexe und es war so möglich geworden, größere Teile alter Landschaften zu rekonstruieren. Es gilt nun die einzelnen Formenkomplexe miteinander zu vergleichen und zu untersuchen, ob sie parallele Erscheinungen sind oder nicht. Diese Untersuchung stößt vor allem auf die Schwierigkeit, daß die den einzelnen alten Formenkomplexen entsprechenden unteren Denudationsniveaus nur mit einiger Annäherung angegeben werden können. Zu dieser Aufgabe tritt dann die Lösung der Frage nach dem geologischen Alter der einzelnen alten Landschaften. Ließe sich diese Frage für jeden einzelnen Fall sicher lösen, so wäre damit auch die Frage nach den Beziehungen der einzelnen Formenkomplexe zueinander gelöst.

In den meisten Fällen waren hochliegende Schotter die Ausgangspunkte für die Auffindung alter Oberflächenformen. Mit der Altersfrage der Schotter würde auch die der alten Landschaften gelöst sein. Wie schon erwähnt, haben Hörnes und Hilber die Schotter der Umgebung von Graz zu den sogenannten Belvedereschottern gerechnet; Hilber hat dann dasselbe getan mit den Schottern bei Pöllau und Vorau. Er hat aber dann auch ausdrücklich bemerkt, daß

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

diese Zuweisung keineswegs die einzig mögliche Deutung sei. Der Hauptgrund für diese Altersbestimmung war wohl der, daß die Schotter auf den Höhen bei Graz (Schattleiten, Kalkleiten usw.) den tieferliegenden Belvedereschottern petrographisch gleichen. An manchen Stellen, so bei Schattleiten, Pöllau und Vorau, sind die dem Grundgebirge aufliegenden Schotter mit den im Tertiärhügelland liegenden, durch einzelne kleine Schotterpartien in ungezwungener Weise in Verbindung zu bringen. So ist es bei den Schottern von Hochtregist, die W. Schmidt auch für jungtertiär hält. Ganz isoliert sind vor allem die Schotter bei Birkfeld, in der Umgebung von Passail und die auf der Tanneben. Winkler hält für die hochliegenden Schotter ein sarmatisches Alter für möglich (Lit. Nr. 33).

Die angeführten Gründe für die Annahme des pliozänen Alters können nicht genügend befriedigen, wenn man sich die daraus mit zwingender Notwendigkeit hervorgehenden morphologischen Folgerungen vor Augen hält. Im letzten Abschnitt wurde dargetan, daß die erwähnten Schotter in innigem Zusammenhang stehen mit den verschiedenen hochgelegenen Resten alter Reliefs. Wenn nun die Schotter pliozän sind, so bestand also am Alpenrand im Pliozän eine Landschaft mit einem unteren Denudationsniveau von 700—800 *m*. Dies wäre besonders auffällig für die Gegend bei Graz und westlich bis gegen Voitsberg. Hier ist von dem den Schottern entsprechenden Relief nur sehr wenig mehr erhalten; so mußten die Landschaftsformen, die vorher bestanden, genug ausgetilgt worden sein und die miozänen Schichten, die durchaus in der Tiefe liegen, würden in keinerlei Beziehung gebracht werden können zur heutigen Gestalt des Gebirges. Es wäre dies eine Auffassung, die sich von den sonst meist herrschenden Auffassungen sehr wesentlich unterscheiden würde. Was hier für den Rand der Grazer Bucht gilt, muß natürlich auch wenigstens für die nächstbenachbarten Teile des Gebirgsinneren, so für das Längstal der Mur und Mürz und für das Lavantal gelten und auch hier würde das heutige Relief nicht von dem abgeleitet werden können, wie es z. B. in der Zeit der Bildung der obersteirischen Braunkohlenlager bestand. Für das gesamte Gebirgsrelief hier im Osten würde nur das pliozäne Relief die Ausgangsform sein. Das miozäne Relief einerseits und anderseits das pliozäne mit dem daraus abgeleiteten gegenwärtigen wären zwei voneinander getrennte Gebilde; zwischen beide würde eine ziemlich weitgehende tektonische Umformung des Gebirges hineinfallen.

Da eine einwandfreie Altersbestimmung des Schotters geologisch nicht durchführbar ist, sich aber aus der Altersbestimmung weitgehende morphologische Folgerungen ergeben, so soll die Frage rein morphologisch behandelt werden. Die Untersuchung wird natürlich an jene Gebiete anknüpfen müssen, wo die alten Formen in größerer Ausdehnung vorhanden sind. Hier stehen sich dann zwei Formenkomplexe gegenüber, ein harmonischer und ein disharmonischer. Zunächst läßt sich morphologisch nur das feststellen, was schon in diesen Bezeichnungen ausgedrückt ist, eine nähere Altersbestimmung ist nicht möglich. Vielleicht ist aber die Frage zu beantworten, ob die beiden einander gegenüberstehenden Formenkomplexe unmittelbar aufeinander-

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

folgende Gebilde sind, oder ob sich zwischen sie eine lange Entwicklung einschalten läßt, auf die man vielleicht aus geologischen Gründen schließen müßte.

Wie oben auseinandergesetzt wurde, darf man sich die Schicksale der Bucht während des Miozäns keineswegs sehr einfach vorstellen. Die marine Bedeckung der Bucht beginnt mit einer ausgedehnten Transgression (II. Mediterranstufe). Wahrscheinlich ging der sarmatischen Zeit eine Erosionsepoche voraus (vgl. Fuchs, Lit. Nr. 24); sicher wurde sie durch eine Zeit der Erosion, die sogenannte vorpontische Erosion, abgeschlossen, der dann die bedeutende pontische Aufschüttung folgte. Ist es auch für die einzelnen Phasen dieser Umbildungen nicht möglich, die Lagen der Erosionsbasis festzustellen, so erkennt man doch, daß die Erosionsbasis überhaupt erhebliche Verschiebungen erlitten hat. Ebenso wichtig ist aber auch die schon oben erörterte Tatsache, daß in dieser Zeit beträchtliche Hebungen und Senkungen stattgefunden haben, die natürlich einen bedeutenden Einfluß auf die Formenentwicklung des Gebirges ausgeübt haben müssen. So kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, daß zwischen der Existenz des Gebirgsreliefs, das vor dem Einbruch der Bucht bestand, und der Eintiefung der heutigen Täler mannigfache Veränderungen in der Wirksamkeit der formgebenden Kräfte eingetreten sind, und es geht daraus mit Klarheit hervor, daß das den heutigen Kräften harmonische Relief nicht unmittelbar aus jenem vor dem Einbruch der Bucht bestehenden hervorgegangen sein kann.

Nur für einige Gebiete der Umrandung läßt sich diese Frage aus morphologischen Gründen mit Sicherheit beantworten. Besonders klar ist es im Gebiete der Lafnitz. Hier bei Wenigzell, Vorau oder südlich von St. Lorenzen sind die alten Formen in großer Ausdehnung erhalten und wir sehen in sie nur schmale junge Kerbteile eingeschnitten, die nur an wenigen Stellen den Charakter von Sohlentälern annehmen. Diese Täler, auf deren Erosion allein die Zerstörung des alten Reliefs beruht, sind so einfache Gebilde, daß sie unmöglich eine längere wechselvolle Entwicklung hinter sich haben können; im Gegenteil, sie sind das Ergebnis eines einzigen, nicht wesentlich unterbrochenen Aktes der Talbildung. Es kann so keinem Zweifel unterliegen, daß die beiden Formenkomplexe unmittelbar aufeinanderfolgende Erscheinungen sind. Bei Pöllau können die alten Gehänge auch keineswegs ein höheres Alter besitzen; hier wäre man eher versucht, sie in Zusammenhang zu bringen mit noch jüngeren Phasen der Entwicklung, nämlich mit den niedrigeren in der pliozänen Ausfüllung der Bucht ausgearbeiteten Terrassen. Bei Birkfeld liegen die Verhältnisse ganz ähnlich wie an der Lafnitz. Es treten hier, wie auseinandergesetzt, nur die Reste von zwei verschiedenen alten Landoberflächen auf. Aber die Formen der höherliegenden sind die vorherrschenden und gerade ihre ausgedehnte Erhaltung und zum Teil bedeutende Zerschneidung durch die heutigen Täler zeigt, daß diese beiden Phasen der Oberflächenentwicklung unmittelbar aufeinandergefolgt sind. Die hier vorhandene tiefere Stufe ist nur eine Unterbrechung der Eintiefung der heutigen Täler, eine Phase, der weiter keine besondere Bedeutung zukommt. In der Talweitung von Birkfeld

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

scheint die Erosion weniger energisch in die Tiefe gearbeitet zu haben (man beachte auch hier die große Mächtigkeit der alten Schotter) und so ist die Einschaltung einer solchen Zwischenstufe leichter verständlich. Auch für die bei Passail nachgewiesene Talfläche in 790—800 *m* Höhe ist es sicher, daß sie die unmittelbare Ausgangsform für die heutigen Formen ist. Ganz zweifellos ist die unmittelbare Aufeinanderfolge der Formenkomplexe in jenen beiden Fällen, wo aus der Anlage der heutigen Täler auf die Existenz einstiger Talebenen geschlossen wurde, auf denen die Flüsse jenen Weg genommen haben, den sie dann in das Gebirge eingeschnitten haben, nämlich bei den Tälern der Raab und Teigitsch. Auch bei den Tälern am Ostabhang der Koralpe erscheint die Annahme der direkten Herausentwicklung der rezenten Formen aus den gefundenen älteren am natürlichsten. In allen diesen Fällen ist der heutige Formenkomplex so einfach, daß er unter keinen Umständen zu vereinen ist mit wiederholten Verschiebungen der Erosionsbasis; die Wirkungen einer wechselvollen Entwicklung hätte unmöglich ganz verschwinden können, um so weniger, als es sich ja im allgemeinen nicht um so sehr bedeutende Leistungen der Talbildung handelt.

So läßt sich für mehrere Teile unseres Randgebirges ganz unabhängig voneinander zeigen, daß die heutigen Täler unmittelbar in jene gefundene Reliefreste eingetieft sind. Damit ist einerseits die Erkenntnis gewonnen, daß die alten Formen dieser einzelnen Gebiete zeitlich zusammengehören, daß sie also Teile einer einzigen Landschaft sind, anderseits aber ein fester Standpunkt für die Lösung der Altersfrage gewonnen. Für alle diese Gebiete besteht also ein Gegensatz zwischen der Mannigfaltigkeit der geologischen Schicksale, die die Grazer Bucht vom Untermiozän bis zum Pliozän erfuhr, und der Tatsache, daß die beiden zu vergleichenden Formenkomplexe unmittelbar aufeinanderfolgende Gebilde sind.

Es können also in allen diesen Gebieten die alten Formen unmöglich Teile einer untermiozänen oder noch älteren Landschaft sein. Diese alten Formen können aber zeitlich auch nicht zusammenfallen mit der Leithastufe, denn gerade auf diese folgten noch bedeutende Veränderungen der Bucht und damit auch bedeutende Veränderungen in der Lage der Erosionsbasis. Auch sarmatisch können sie nicht sein. Ganz abgesehen von der Tieflage der sarmatischen Schichten, die eine Beziehung zu diesen hochliegenden Formen schon sehr unwahrscheinlich macht, — die verschiedene Hochlage der sarmatischen Schichten und jener Formen würde, wie auch Winkler sagte, eine bedeutende nachträgliche Hebung des Gebirges voraussetzen — hätte zur vorpontischen Zeit die Bildung der heutigen Täler begonnen, und diese hätten auch die pontische Aufschüttung durchgemacht, ohne davon irgendwelche Spuren zu zeigen.

So kommt man auch aus morphologischen Gründen zu der Annahme des pliozänen Alters unserer Landoberfläche und befindet sich so in Uebereinstimmung mit jenen geologischen Tatsachen, die schon früher dahin geführt haben, die mehrfach erwähnten Schotter für pliozän zu halten. Bezeichnend ist es, daß gerade dort, wo die Annahme des pliozänen Alters für die Schotter, nämlich bei Vorau und

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

auch bei Pöllau am meisten wahrscheinlich ist, auch die morphologischen Verhältnisse einzig und allein diese Auffassung zulassen.

Aber noch eine morphologische Betrachtung soll die hier auseinandergesetzte Meinung stützen. Die pliozänen Schotter erreichen in zusammenhängenden Massen bei Graz Höhen von nahezu 600 *m*, bei Voitsberg noch Höhen von rund 620 *m*. Es müssen also unter allen Umständen die pliozänen Aufschüttungsflächen mindestens so hoch gewesen sein. Daraus ergibt sich für unsere in kristallinische oder paläozoische Gesteine eingeschnittene Durchbruchstäler ganz unzweifelhaft die epigenetische Entstehung. Es soll nur ein Beispiel herausgegriffen werden, das von besonderer Wichtigkeit ist. Längs des Kainachtales, südlich von Voitsberg erhebt sich ein im wesentlichen aus kristallinischem Gestein aufgebauter Rücken im Kobererkogel bis zu 606 *m* Höhe. Er ist die Wasserscheide zwischen dem Kainachtale und jenem Durchbruchstale, das von der Gößnitz und der untersten Teigitsch (Puchbach und Gaisfeld) durchflossen ist. Wie schon erwähnt, liegen auf seinem Kamm an einzelnen Stellen Schotter und südlich davon wurden auch bei St. Martin Schotter gefunden. Daß er aber die pliozäne Aufschüttungsfläche nicht überragt haben kann, geht aus der Ueberlegung hervor, daß dieser kristallinische Rücken doch auf keinen Fall stärker abgetragen worden sein kann, als die nördlich benachbarten tertiären, in denen die Schotter eine Höhe von 620 *m* erreichen. Wenn es überhaupt einem Zweifel unterliegen kann, daß die tertiären Gesteine weniger widerstandsfähig sind, so würden solche Zweifel sofort zerstreut durch die Betrachtung jener kleinen Tälchen, die bei Krems (Voitsberg, Ost) oben im Tertiär und unten im Glimmerschiefer ausgebildet sind. Hier, wie überall in unserem Gebiet, sind die Formen im Tertiär wesentlich weicher und ausgeglichener als selbst in ganz leicht verwitternden kristallinischen Schiefern. — Dieses Tal Puchbach - Gaisfeld ist also sicher epigenetischer Entstehung und es ist erst gebildet worden während der Zerschneidung der pliozänen Aufschüttungsfläche. Diese Erosionsleistung ist aber keineswegs weniger groß als zum Beispiel im benachbarten Teigitschtal, als wie im ebenfalls als epigenetisch erkannten Raabtal, oder als die Erosionsleistungen der Lafnitz, des Voraubaches oder der Feistritz seit Zerschneidung der dort gefundenen hoch gelegenen Talböden. Ja, im Gegenteil, die Leistung ist hier im Gößnitztal viel bedeutender als in einigen der anderen herangezogenen Fällen. Würde man für die anderen Fälle annehmen, daß hier die Erosion schon seit dem unteren, mittleren oder auch nur oberen Miozän gearbeitet hätte, während sie hier sicher erst mit der Zerstörung der pliozänen Aufschüttungsfläche eingesetzt hat, so käme man zu morphologisch ganz unmöglichen Annahmen. Es würden so ihrer Erscheinung nach nur wenig oder gar nicht voneinander abweichende Formen, die unter ganz ähnlichen lokalen Bedingungen gebildet wurden, ganz ungleich lange Bildungszeiten zukommen und sie würden in dem einen Falle eine ziemlich werwickelte Geschichte hinter sich haben, in dem anderen Falle aber nur im wesentlichen einem Akte der Talbildung entsprechen. So stünde also die Annahme eines vorpliozänen Alters der verschiedenen gefundenen

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Oberflächenformen in einem unlöslichen Widerspruche zu unzweifelhaften morphologischen Tatsachen.

Es erübrigt nur noch, die Altersfrage für die Gebiete zwischen der Kainach und der Mur zu lösen. Hier liegen die Schotter meist isoliert auf Kämmen zwischen weiten Tallandschaften. Hier ist die Ueberlegung nicht möglich, daß die zwischen den alten Formen liegenden Landschaften nicht eine verwickelte Geschichte hinter sich haben könnten. Es soll aber gleich gesagt werden, daß zunächst im Westen die alten Formen zum Teil in den weicheren Gesteinen der Kainacher-Gosau ausgebildet sind und daß dann weiter östlich (vergleiche westlich von Gratwein und nordwestlich von St. Veit) zwischen die paläozoischen Berge tertiäre Schichten weit eingreifen, die natürlich einer viel stärkeren Zerstörung ausgesetzt waren als die paläozoischen oder kristallinischen Gesteine. Auch die mehrfachen Weitungen des Murtales sind im Gegensatz zu den engen Talstrecken einzig und allein darauf zurückzuführen, daß hier tertiäres Gestein ausgeräumt wurde. Es läßt sich nun in anderer Weise zeigen, daß die hier gefundenen hochliegenden Schotter und die mit ihnen verbundenen alten Oberflächenformen den anderwärts gefundenen parallele Erscheinungen sind. Die gesamte Umrandung der Grazer Bucht ist insofern entwicklungsgeschichtlich eine Einheit, als für das ganze Gebiet die gleichen Verschiebungen der Erosionsbasis maßgebend gewesen sein müssen. Wenn in der Entwicklung einer Landschaft sich ein Abschnitt von den übrigen durch die Art der damals zur Geltung gekommenen Wirkungen wesentlich unterscheidet, so müssen auch die Formen, die dieser Abschnitt hinterlassen hat, in auffälligem Gegensatz stehen zu jenen Formen, die den übrigen Abschnitten der Entwicklung entsprechen. Wenn nun in Nachbargebieten, welche die gleiche Entwicklung durchgemacht haben müssen, miteinander übereinstimmende Erscheinungen auftreten, die als die Spuren je einer solchen von den übrigen Abschnitten der Entwicklung abweichenden Phase zu betrachten sind, so müssen diese Erscheinungen als parallele Erscheinungen aufgefaßt werden.

Wenn man also an mehreren Stellen der Umrandung der Bucht die Spuren einer Zeit der Verflachung des Reliefs und der Aufschüttung findet, so muß man unbedingt annehmen, daß die gesamte Umrandung eine solche Epoche erlebt hat; und wenn nun in einem großen Gebiete die Spuren einer einzigen solchen Epoche gefunden wurden und in den übrigen Teilen des Randgebirges auch nur einmal solche Spuren zu finden sind, so können diese Erscheinungen nur parallele Erscheinungen sein.

Darauf fußend können die Vorkommen in dem noch ausstehenden Gebiete mit dem übrigen Gebirgsland verglichen werden. Es wurde schon oben die durch die Schotter von Hochtregist und in den östlich benachbarten Rücken angezeigte Talfläche in Beziehung gebracht zu der in der Teigitsch gefundenen alten über 860 *m* hoch gelegenen Ebene und schon darauf hingewiesen, daß die disharmonischen Erscheinungen westlich von Köflach gewissermaßen ein Bindeglied zwischen beiden bilden. Die obige theoretische Ueberlegung muß in dieser Meinung bestärken. Ueber diesen beiden Niveaus im Tei-

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

gitschtal und von Hochtregist sind keine disharmonischen Erscheinungen mehr zu finden. Ja an der oberen Teigitsch beherrschen die Formen dieses Niveaus die Landschaft bis zu den Kämmen des Gebirges. Auch an den Quellen der Kainach, Söding und Lieboch finden sich in größerer Höhe keine disharmonischen Formen mehr, außer solche, die auch wieder auf ein Talniveau von über 800 *m* Höhe hinweisen. Steigt man anderseits von den sicher pliozänen Schottern empor zu diesem Niveau, so findet man dazwischen an keiner Stelle ausgedehnte disharmonische Formen. Es sind also tatsächlich nördlich und südlich der Kainach die genannten Formen parallele Erscheinungen in der Entwicklung der Landschaft. Unter diesem Niveau liegen alle disharmonischen Formen schon tiefer als die Höhe der geschlossenen Masse der pliozänen Schotter. Nur zwei Fälle sind Ausnahmen, nämlich die Schotter und disharmonischen Rücken von Sankt Martin und die Schotter des Bocklochs. Daß der alte Talboden von St. Martin mit 700 *m* Höhe nicht in Beziehung gebracht werden kann zu dem mindestens 100 *m* höher liegenden von Hochtregist liegt auf, der Hand; dieser Talboden entspricht eben einem Stillstand während der Zerschneidung der alten hochgelegenen Aufschüttungsfläche. Die Schotter des Bocklochs entsprechen einem höheren Niveau des Södingtales. Dabei war aber das Talnetz dem heutigen noch nicht gleich; einen Talweg nach Osten, senkrecht zum Söding und Liebochtal möchte ich nicht annehmen.

Oben wurden schon die höchstgelegenen Schotter und die mit ihnen verbundenen disharmonischen Formen zu beiden Seiten des Murtales als ein Komplex von zusammengehörigen Erscheinungen betrachtet. Die Schotter bei dem Kalkleitenmöstl, die südlich vom Maxenkogel, endlich die vereinzelten Gerölle, die am Abhange des Kirchbergerkogels gefunden wurden, weisen auf eine über 700 *m* hoch gelegene Aufschüttungsfläche hin. Die tieferliegenden Formen und einzelne tiefer gelegene Schottervorkommen müssen dann wieder späteren Stadien der Zertalung der alten Aufschüttungsfläche entsprechen. Die Zusammenfassung dieser Vorkommen in der Umgebung von Graz mit jenen bei Semriach und der Tanneben zu einem Komplex erscheint ganz natürlich und die Verbindung wird hergestellt durch einige disharmonische Formen, vor allem durch den Rücken des Hienning. Daß auch die alten Formen in der Umgebung von Radegund mit dem Aufschüttungsniveau zusammenfallen, wurde oben zu zeigen versucht.

Die Parallelisierung dieses ganzen Komplexes von Erscheinungen mit jenem in der nördlichen und südlichen Umgebung von Voitsberg, erscheint in erster Linie durch die obige theoretische Ueberlegung berechtigt. Auch hier bei Graz sind diese Erscheinungen die Denkmäler einer Zeit der Entwicklung, die wie keine andere von Einfluß auf die weitere Gestaltung des Reliefs war; es war eine Zeit, ebenso wie im Westen charakterisiert durch Aufschüttung und zugleich Verflachung des Reliefs. Was man hier im Murtale noch von alten Talböden und überhaupt alten Formen findet (vgl. Hilber, Taltreppe), tritt gegenüber diesen Erscheinungen weit an Bedeutung und Ausdehnung zurück und fällt überall meist unter das Niveau der geschlossenen Masse der pliozänen Schotter.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Die verschiedene Höhenlage scheint freilich eine solche Parallelisierung nicht zu gestatten. Die Schotter von Hochtregist reichen bis 792 *m* hinauf und die Teigitsch muß bei Edelschrott bis auf eine fast 850 *m* hohe Fläche getroffen sein. Dagegen liegen bei Graz die Schotter nur 700 *m* hoch. Demgegenüber ist zu bemerken, daß diese 700 *m* nur ein Minimum sind, und daß die Ebene des pliozänen Murtales wohl viel höher gewesen sein kann; die Berge, die aus ihr herausgeschnitten sind, zeigen überall schon eine bedeutende Abtragung und so dürfte ihre Ausgangsform auch wesentlich höher gelegen sein als ihre heutigen Kämme.

Weiters ist zu bedenken, daß die Aufschüttungsfläche aus der Gegend von Graz gegen Voitsberg ja etwas angestiegen sein muß. So besteht meiner Ansicht zwischen den Höhen der Schotter bei Graz und jenen bei Hochtregist keine Unstimmigkeit. Die Hochlage der Teigitschebene bei Edelschrott kann man sich sehr gut durch die Existenz eines Schuttkegels erklären, auf dem sie auch gegen Südost abgelenkt wurde. Diese Ansichten sollen nicht die Richtigkeit der Parallelisierung beweisen, sondern die auf anderem Wege gewonnene Erkenntnis verständlicher machen.

Im Durchbruch der Raab konnte kein bestimmtes Niveau gefunden werden, weil hier Schotter fehlen, die die Aufstellung einer unteren Grenze des alten Talniveaus erlauben würden. Die Rücken, zwischen denen das epigenetische Raabtal liegt, können aus einem Niveau von 650—700 *m* Höhe herausgebildet sein; ihre Ausgangsform könnte aber auch viel höher gelegen gewesen sein. Maßgebend für die Vergleichung scheint das Niveau von 800 *m* Höhe im Passailer Becken. Man findet hier auch öfter alte Gehänge, die ganz den alten Gehängen entsprechen, die wir nordöstlich von Radegund oder bei Semriach gefunden haben. In einer ganz anderen Situation befinden sich die Schotter östlich von Passail (bei Punkt 909 *m*) und dann die besprochene Doline von Vorder-Tyrnau. Sie entsprechen einem viel höheren unteren Denudationsniveau. Wollte man sie mit den Resten der pliozänen Landoberfläche in Zusammenhang bringen, so müßte man zur Erklärung dieser abweichenden Höhenlage eine Krustenbewegung annehmen, für die sonst keine Anhaltspunkte zu finden wären.

Das Passailer Niveau von 800 *m* Höhe ist also jedenfalls zu parallelisieren mit dem alten Niveau im Murtale. Ob nun an der Mündung der Raab die genannten Rücken aus diesem Niveau herausgebildet wurden oder aus einem tieferen, also jüngeren, entzieht sich unserer Beurteilung. Das genannte Niveau von Passail stimmt endlich sehr gut mit dem alten Vorkommen von Anger und damit mit den anderen alten Formen im Feistritztal, bei Pöllau und Vorau überein.

So konnte also für das ganze Gebirgsland aus der Gegend von Friedberg bis gegen Eibiswald gezeigt werden, daß hier zur Zeit der großen pliozänen Aufschüttung an den Talmündungen und zum Teil auch weiter innen in den Tälern, Aufschüttungen stattfanden, und daß damals allenthalben das Gebirgsrelief eine Abflachung erfuhr. Die Zusammengehörigkeit aller dieser Formen wurde einesteils dadurch gefunden, daß für eine Reihe von Erscheinungen nur das gleiche Alter

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

anzunehmen möglich ist und dann ergab sie sich in Uebereinstimmung mit geologischen Gründen daraus, daß für benachbarte Gebiete eben nur eine parallele Entwicklung vorausgesetzt werden kann. Wollte man diese nicht voraussetzen, so müßte man sehr bedeutende spätere Niveauänderungen annehmen; man würde so zur Erklärung der Erscheinung Voraussetzungen machen müssen, die in sonst nichts begründet wären.

Auf eines möge noch hingewiesen werden. Die Parallelität der Erscheinungen wurde nicht gewonnen durch eine genaue Uebereinstimmung in der Höhenlage der einzelnen Schottervorkommen und Formen. Dies ist deshalb unmöglich, weil man es in den meisten Fällen nur mit Näherungsworten zu tun hat. Nur wo Formen ganz rein erhalten sind, ist eine genaue Berücksichtigung der Höhenlage möglich und nur da wären auch aus allfälligen Unstimmigkeiten in den Höhen Schlüsse auf spätere Niveauänderungen gestattet. Solche Folgerungen sind hier ausgeschlossen.

Mit den Ergebnissen der morphologischen Untersuchung der Umrandung der Grazer Bucht stimmt sehr gut überein, was bei der Betrachtung des Hügellandes der Bucht gewonnen wurde. Hier ergab sich die Existenz einer Aufschüttungsfläche, die auch in einiger Entfernung vom Gebirgsrande über der paläozoischen Schieferinsel des Sausal ungefähr 700 *m* und weiter östlich über dem Gleichenberger Eruptivgebiet mindestens über 600 *m* hoch gelegen sein muß. Es ist naheliegend, daß diese Aufschüttungsfläche die Gestalt mehrerer flacher Schwemmkegel besaß. Diese Fläche dehnte sich über einen größeren Raum aus, als das heutige tertiäre Hügelland, denn wir müssen sie uns südlich von Köflach über den kristallinischen Bergen denken, wo die Teigitsch von Edelschrott einen heute in das Grundgebirge eingesenkten Lauf nahm, wir müssen sie uns auch nördlich von Voitsberg über den Höhen der Kainacher Gosau denken. Sie lag ferner über den paläozoischen Erhebungen des Plawutsch, Straßenglerberges, Kirchbergkogels usw. und erfüllte auch das Murtal nördlich bis über Peggau. Oestlich der Mur fällt ihre Grenze mehr mit der heutigen Grenze zwischen dem Hügelland und dem Gebirge zusammen. An der Feistritz reichte die Aufschüttung sehr weit ins Gebirgsinnere zurück, ebenso auch bei Vorau. So war am Schlusse dieser bedeutenden Aufschüttung die Erosion auch im Gebirge überall zum Stillstand gekommen und es trat allmählich eine Verflachung der Formen ein. Wie mehrfach erörtert, können wir uns die Gestalt des Gebirges aus einer Reihe von Fällen, wo die alten Landschaften mit ihren mäßig geneigten und meist stark mit Verwitterungsschutt bedeckten Gehängen noch gut erhalten sind, leicht vorstellen.

Die hier skizzierte Gestalt der Bucht und des sie umgebenden Gebirges war also erreicht am Schlusse der großen nach der vorpontischen Erosion beginnenden Aufschüttung. Wie oben erörtert, ist es nach den Funden von *Mastodon arvernensis* in den Schottern des Laßnitztunnels möglich, daß diese Aufschüttung fortgedauert bis in die levantinische Zeit. Sollte sich aber durch weitere paläontologische Untersuchungen herausstellen, daß nur ein Teil der Schotter levantinisch ist, dann wäre die Epoche der Aufschüttung mit dem Ende

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

der pontischen Zeit abgeschlossen gewesen. Die levantinischen Schotter wären dann in Tälern abgelagert worden, die der ersten Phase der Zertalung der Bucht entsprechen würden. Ich möchte dazu bemerken, daß man sich durchaus nicht vorstellen muß, daß das Flußnetz der Bucht, wie es heute vorliegt, gleich auf der pontischen Fläche angelegt wurde. Hier dürften nur die Hauptzüge angelegt worden sein. Es haben nämlich manche wasserscheidende Kämme des Hügellandes Formen, aus denen man den Schluß ziehen kann, daß sie nicht direkt aus der hochgelegenen Urform der Bucht heraus entwickelt wurden, sondern aus einer tiefergelegenen Ausgangsform.

So ist es sehr gut denkbar, daß im einzelnen das Flußnetz mannigfache Veränderungen erlitt und daß somit auch an der heutigen Hauptwasserscheide der Bucht, zwischen Mur und Raab, beträchtliche Veränderungen vor sich gegangen sind. Die Aufhellung der Formenentwicklung des Hügellandes ist im einzelnen übrigens sehr schwierig, weil wegen der geringen Beständigkeit des Gesteines sich alte Formen nur selten mit solcher Deutlichkeit erhalten haben, daß man daraus sichere Schlüsse ziehen kann.

Mit dem Nachweise, daß die gefundenen alten Formen des Gebirges pliozän sind, ist unbedingt gezeigt, daß das pliozäne Relief und das daraus hervorgegangene heutige tatsächlich von jedem früheren, also auch einem miozänen, vollständig getrennt ist, und daß das Gebirge inzwischen eine nicht unbedeutende Umformung erfahren hat.

Steht man z. B. auf irgendeiner Höhe in der Umgebung von Voitsberg, so sieht man in der Tiefe das lakustre Untermiozän und darüber die pontischen Schotter. In der Höhe hat man, zum Teil schon von weitem erkennbar, die disharmonischen Formen. Wie schon gesagt, drängt sich einem dabei die Auffassung auf, daß diese alten Formen älter sind als das gesamte in der Tiefe liegende Tertiär.

Hier ist nur gezeigt worden, daß die Aufschüttung statt bis wenig über 600 *m*, bis über 800 *m* Höhe emporgereicht hat.

Damit ist aber noch immer der Widerspruch zwischen der Tiefenlage des Untermiozäns und den hochliegenden viel jüngeren Formen nicht beseitigt. Wo liegen die Formen, die dem lakustren Untermiozän entsprechen oder die weiteren miozänen Formen des Gebirgsrandes? Das pliozäne Relief hat sich aus dem früheren entwickelt und wo keine Aufschüttungen vorhanden sind, mußten daher naturgemäß die miozänen Formen über den pliozänen gedacht werden. Ihr Denudationsniveau und also auch die Spiegel der miozänen Meere mußten dann rund 900 *m* oder noch höher gelegen gewesen sein. Eine solche Höhe steht aber in entschiedenem Widerspruch mit allen geologischen Tatsachen des ganzen pannonischen Beckens und dieser Widerspruch kann so nur durch eine beträchtliche Niveauveränderung erklärt werden, und zwar jedenfalls durch Hebung des Gebirges.

Wir können am Gebirgsrand die Formen mit einiger Sicherheit nur zurückverfolgen bis zu Beginn der vorpontischen Erosion. Wir haben, wie oben ausgeführt, erkannt, daß die pontischen Schotter in der Tiefe in mehr oder weniger engen Furchen liegen und daß erst

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

in größerer Höhe die Schotter seitlich ausgreifen und sich sodann zu einer ausgedehnten Aufschüttungsfläche verbinden.

Diese Furchen sind naturgemäß die Ergebnisse einer vor der Aufschüttung stattgehabten Erosion. Diese Erosion mag wohl im wesentlichen das frühere Relief zerstört haben und es ist die Annahme naheliegend, daß die erwähnte Erhebung des Gebirges auch der Anlaß für den Beginn dieser neuen Erosion war; die Erhebung würde zwischen die sarmatische und pontische Epoche fallen. Wenn nun, wie Penck meint, die großen Blöcke im Miozän bei Knittelfeld und die wohl aus miozänen Konglomeraten ausgewitterten Blöcke im Sulmgebiete im Zusammenhang stehen sollen, mit einem im Miozän durch Erhebung des Gebirges hervorgerufenen stärkeren Schuttransport, so ließe sich dasselbe auch für die vorpontische Zeit annehmen und man könnte so die Blöcke bei St. Stefan am Gratkorn als Zeugen einer kräftigen Schuttförderung bei gleichzeitiger lebhafter Erosion im Gebirge betrachten.

Man kann aber diese vorpontischen, jetzt von Schottern erfüllten Täler nur am Gebirgsrande selbst finden, weiter im Gebirgsinnern fehlen sie. Da muß ihre Sohle mindestens gleich hoch oder schon höher gelegen sein als die dort gefundenen pliozänen Talböden.

Wollte man die Längskurve eines solchen Tales konstruieren, so würde ihr steiler Anstieg nach rückwärts auffallen. Es scheint so, daß auch diese vorpontischen Täler noch eine Störung erfahren haben, daß also die besprochene Störung auch noch in dieser Epoche fortgewährt hätte. Stellt man sich noch einmal die Kurve eines solchen vorpontischen Tales vor und vergleicht sie mit der Kurve eines Tales am Schluß der pontischen Aufschüttung, so erkennt man, daß sich die beiden Kurven im Oberlauf der Täler schneiden und nach unten stark divergieren. Daraus läßt sich herauslesen, daß, als im Unterlauf schon Aufschüttung herrschte, oben vielleicht noch erodiert wurde. Die Verflachung des Reliefs, wie sie z. B. im Teigitschtale bei Semriach, Passail, Birkfeld, Vorau und Wenigzell erkannt wurde, wäre dann vielleicht erst eingetreten, als die Aufschüttung in der Bucht schon weit vorgeschritten oder fast vollendet war. Am Rande der Bucht war die Aufschüttung sehr bedeutend, 300—400 *m*, — ein Betrag, der im Vergleich mit der Mächtigkeit der Sedimente in mancher heutigen Flußebene keineswegs überraschend groß ist —; da griff sie immer weiter seitlich aus, es wurden dabei immer weitere Flächen von ihr überwältigt und so ganze Teile des Grundgebirges überdeckt, also Ueberbauformen im Sinne von Hilber (Lit. Nr. 16) geschaffen. Als dann nach Schluß der Aufschüttung die neue Erosion begann, waren auch ganz neue Bedingungen für die Anlage der Täler gegeben, so daß die aus dem Gebirge austretenden Gewässer ganz andere Wege einschlagen konnten als früher.

Diese weite seitliche Ausbreitung der Aufschüttung ist aber auch nur unter einer Voraussetzung denkbar, nämlich unter der, daß hier das Gebirge zum Teil niedrig genug war, um überhaupt von der Aufschüttung überwältigt werden zu können. Dort, wo schon aufgeschüttet wurde, konnte ja keine bedeutende Erniedrigung der Rücken mehr eintreten. Wo also nicht schon vor Beginn der Auf-

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

schüttung die Rücken nicht mehr hoch waren, war eine solche Ausbreitung der Aufschüttung ausgeschlossen. Es muß also wohl zum Teil schon bei Beginn der Aufschüttung eine Art Vorstufe des Gebirges bestanden haben, wie sie jetzt in den Rücken zwischen Kainach, Söding, Lieboch, in den Erhebungen vom Kirchbergkogel bis zum Fraunkogel, im Plawutschzuge, dann weiter östlich in der Platte Linneckberg usw. bis gegen Weiz vor uns liegt. Im einzelnen weisen diese Berge freilich auf die pliozäne Landoberfläche als Ausgangsform hin, aber als Gesamtheit betrachtet, natürlich in wesentlich anderer Gestalt, müssen sie schon früher bestanden haben. Es sind also darin wohl Züge eines früheren, vorpontischen Reliefs zu erkennen. An zwei Stellen treten noch Formen auf, die auch als Ueberreste einer vorpliozänen Landoberfläche zu deuten sind, nämlich die Schotter östlich von Passail (bei Punkt 909) und die Doline von Vorder-Tyrnau und die weiten Abtragflächen in den Krumbacher Bergen. Möglicherweise gehören diese Formen einem miozänen Relief an.

V. Morphologische Beobachtungen im Längstale der Mur und Mürz und im Lavanttale.

Zu ähnlichen Ergebnissen wie im Randgebirge der Grazer Bucht haben morphologische Untersuchungen in den genannten inneralpinen Tälern geführt. Auch hier finden sich in hohen Lagen disharmonische Formen, die sich auf einer Talebene oder auf flache Gehänge als Ausgangsformen zurückführen lassen, manchmal aber sind auch solche Formen selbst noch gut erhalten.

Im Mürztale beobachtete ich solche Erscheinungen an dessen rechtem Gehänge nördlich von Kapfenberg zu beiden Seiten des Pöllergrabens in Höhen zwischen 800 und 900 *m*, zwischen St. Marein und Kindberg in 900 *m* Höhe, weiter dann nördlich von Mitterdorf über 1000 *m* hoch zu beiden Seiten des unteren Veitschgrabens und endlich in der Gegend von Mürzzuschlag. In diesem Zusammenhange müssen auch die disharmonischen Formen der Rücken der Pretul- und Stangalpe mit dem Teufelstein erwähnt werden. Diese Formen stehen in Beziehung zu den disharmonischen Formen des Feistritztales und gehören so wohl dem dort gefundenen pliozänen Relief an. Im Mürztale ist aber die Zertalung viel stärker, so daß hier die alten Formen viel mehr verschwunden sind. Auffällig sind in der Umgebung von Bruck und auch zu beiden Seiten des Breitenauergrabens mehrere Kämme mit Gratform und sehr steilen Gehängen, aber mit einer Höhenentwicklung, daß man für sie eine besondere Ausgangsform suchen möchte. Deutlicher treten disharmonische Erscheinungen auf in der Umgebung von Leoben und dann am rechten Gehänge des Murtales zwischen St. Michael und Weißkirchen; teilweise wurden diese öfters sehr gut erhaltenen Formen schon von K. Oesterreich (Lit. Nr. 25) besprochen. Im Lavanttale sind ebenfalls Formen, die aus hochgelegenen Ebenheiten abzuleiten sind, sehr häufig. Am interessantesten sind die Verhältnisse im Gebiete nördlich von Wolfsberg. Hier sind westlich des Lavant zwischen Gräbern und

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Wölch über 900 *m* hoch ausgedehnte disharmonische Formen, breite Rücken und noch vollständig erhaltene Ebenheiten, zum Teil mit Schottern bedeckt, zum Teil auch, so auf der Wölch mit großen Blöcken. Diese Formen entstammen also einem über 900 *m* hochgelegenen Talboden. Oestlich davon, in der Gegend von Preitenegg, an den südlichen Abhängen der Hirschegger Alpe bis zur Pack treten die gleichen Formen auf, wie sie auf der Ostabdachung dieses Gebirges im Gebiete der oberen Teigitsch erkannt wurden. Es ist auch hier eine alte Landschaft erhalten, freilich schon tiefer zertalt als auf der Abdachung gegen die Grazer Bucht. So liegen hier sicher parallele Erscheinungen vor und so müssen wir auch die im Lavantgebiet gefundene alte Landschaft für pliozän halten. In welchen Beziehungen diese pliozänen Formen hier mit den alten Formen im Murtale von Weißkirchen abwärts stehen, darüber müßten sehr eingehende Untersuchungen im hochinteressanten Gebiete des Obdachersattels Aufschluß geben. Meines Dafürhaltens sind es auch parallele Erscheinungen und ich halte alle hier genannten disharmonischen Formen des Mur- und Mürztales für pliozän. Für sie alle ergibt sich das gleiche Verhältnis zu den heutigen Tälern, wie wir es für die pliozänen Formen in der Umrandung der Grazer Bucht gefunden haben; anderseits stehen sie aber auch in keinen Beziehungen zu den miozänen Ablagerungen. Eher dürften sich Beziehungen zwischen diesen Formen und verschiedenen kleinen Geröllvorkommen ergeben, die sich an mehreren Stellen des Längstales der Mur auf den Höhen finden und die zum Teil auch K. Oesterreich schon erwähnt hat. Bei der Trennung der verschiedenen Tertiärvorkommen hier werden jedenfalls morphologische Gesichtspunkte mehr berücksichtigt werden müssen als es bisher geschehen. Sehr interessant wäre es auch zu untersuchen, in welchen Beziehungen die hier angedeuteten Reste eines alten Reliefs zu den Formen stehen, die auf den Höhen der Kalkplateaus auftreten (vgl. Rotter, Lit. Nr. 26 und Götzinger, Lit. Nr. 27).

Man findet so auch hier allenthalben die Spuren eines Reliefs, aus dem das heutige unmittelbar abzuleiten ist; ich halte es für pliozän. Er ist von dem miozänen Relief, das nach der Hauptfaltung der Alpen entstanden ist, durch eine große Kluft getrennt. Die miozänen Schichten lassen sich nicht in Einklang bringen mit dem pliozänen Relief; es hat also auch hier zwischen Miozän und Pliozän eine bedeutende Umformung des Gebirges stattgefunden, so daß die Züge des miozänen Reliefs nur in sehr allgemeinen Umrissen (Verbreitung des Tertiärs) zu erkennen sind. Meiner Ansicht nach weisen die petrographischen Verhältnisse der miozänen Braunkohlen führenden Schichten auf ein viel sanfteres Relief hin als es das heutige ist. Im allgemeinen finden sich erst in den hangenden Teilen des Miozän gröbere Sedimente, was auf eine Veränderung der physiographischen Verhältnisse während des Miozäns hindeutet. Die Störungen des Miozäns endlich sind die Zeugen jener großen Umformung, die das miozäne Relief zerstört und damit einen neuen Abtragungsprozeß eingeleitet hat, dessen Ergebnis dann das pliozäne Relief war; die Erosion der heutigen Täler hat dann an die Stelle des pliozänen Reliefs das heutige gesetzt.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Die geomorphologischen Probleme der nordöstlichen Alpen sind in neuerer Zeit wiederholt Gegenstand von Untersuchungen und Ueberlegungen gewesen; ich verweise nochmals vor allem auf die Arbeiten von K. Oesterreich und Götzinger, dann auf die Studien von F. X. Schaffer über den norischen Fluß und auf die Erörterungen von A. Winkler (Lit. Nr. 35, Abschnitt 9). Die in den verschiedenen Arbeiten vertretenen Ansichten widersprechen sich noch sehr und ich halte es für ganz unmöglich, diese Fragen zu klären, bevor nicht der gesamte Formenschatz dieses Teiles der Alpen einer eingehenden Untersuchung unterzogen worden ist. Dann erst können sich sichere Schlüsse ergeben auf die Altersverhältnisse der einzelnen Formengruppen und auf deren Beziehungen einerseits zu den von Hahn (Lit. Nr. 39) nachgewiesenen jugendlichen Gebirgsstörungen, anderseits zu den untermiozänen Schichten. Die unmittelbare Rekonstruktion von Tälern und Wasserscheiden aus den Vorkommen von miozänen Schichten erscheint mir unhaltbar. Vor allem kann ich, ebensowenig wie Winkler, den Ansichten Schaffers über den norischen Fluß beistimmen, weil das Material, auf das sich Schaffer stützt, viel zu dürftig und morphologisch zu wenig durchgearbeitet ist, um so weitgehende Schlüsse zu erlauben.

Der einzige Zusammenhang zwischen dem heutigen Relief und dem Miozän besteht, wie ich glaube, nur darin, daß die miozänen Schichten als weiche Gesteine leichter ausgeräumt wurden, daß also das Miozän im wesentlichen nur durch die petrographischen Eigenschaften seiner Gesteine einen Einfluß auf das heutige Relief ausgeübt hat.

VI. Schlußbemerkungen.

So konnte also am Rande der Grazer Bucht und in den besprochenen Längstälern im Inneren der östlichen Alpen das heutige Relief aus einem hochgelegenen pliozänen abgeleitet werden; dagegen ergab sich, daß der Ausbildung des pliozänen Reliefs eine Umformung des Gebirges vorausgegangen sein muß, auf die ja auch verschiedene Störungen der miozänen Schichten im Innern der Alpen und in der Grazer Bucht hinweisen.

Es bleibt aber noch die große absolute Höhe der pliozänen Aufschüttungsfläche in der Grazer Bucht zu erklären. Die Pliozänschichten liegen im Gebiet des großen pannonischen Beckens überall tief. Im Wiener Becken hat Hassinger (Lit. Nr. 28) auch schon abweichend von den früher herrschenden Ansichten gezeigt, daß die höheren Strandlinien nicht mediterran oder sarmatisch, sondern pontisch sind; aber die höchste von ihm gefundene Strandlinie weist doch nur auf eine Spiegelhöhe von 540 *m* hin. Wie schon erwähnt, treten westlich vom Bakonyer Wald, zwischen der Raab und der Zala Schotterflächen, zum Teil noch wenig zerschnitten, in Höhen von 270—250 *m* auf. Diese Schotter können nicht die östliche Fortsetzung der sogenannten Belvedereschotter der Grazer Bucht sein und diese Aufschüttungsflächen können nicht als ein Rest der großen pliozänen

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Aufschüttungsfläche der Grazer Bucht betrachtet werden, falls man nicht eine bedeutende Störung annehmen will, die die Grazer Bucht vom großen pannonischen Becken hier scheiden würde. Ich halte also diese Schotterflächen für jünger und denke mir, daß diese Schotter von späteren pliozänen Flüssen abgelagert wurden, als die viel höher gelegene Aufschüttungsfläche der Grazer Bucht bereits zertalt wurde, und daß die Schotter dort umgelagerte Schotter der Grazer Bucht sind. Wenn nun diese Schotterflächen zwischen Raab und Zala jünger sind als die pliozäne Aufschüttungsfläche der Grazer Bucht, so ist die Annahme naheliegend, daß auch an anderen Stellen des großen pannonischen Beckens und seiner Umrandung in größerer Höhe Aequivalente der hochgelegenen pliozänen Aufschüttungsfläche der Grazer Bucht und der gleichaltrigen Reliefformen des Randgebirges aufzufinden sein müßten.

Sehr interessant sind in dieser Hinsicht die Verhältnisse im Durchbruche der Donau durch das Banater Gebirge. Hier wurden von Cvijić (Lit. Nr. 29) hochliegende Talböden nachgewiesen. Einen in 400—500 *m* Höhe hält er für miozän oder noch älter, einen in 260 bis 370 *m* Höhe für pontisch oder unterpliozän; dieser letztere ist höher gelegen als die im Durchbruche auftretenden mediteranen Schichten: Es geschah also auch hier nach der mediterranen Zeit eine jedenfalls nicht unbedeutende Dislozierung. Zu dieser Meinung gelangt auf Grund einer anderen Ueberlegung auch Toula (Lit. Nr. 30), ja dieser Forscher scheint der Meinung zuzuneigen, daß die Umformungen nach der mediterranen und sarmatischen Zeit recht bedeutende waren. Es ist nun bekannt (vgl. dazu Halavats, Lit. Nr. 31), daß im Alföld die diluvialen Schichten bis in große Tiefen hinabreichen und dann noch tiefer die levantinischen Schichten folgen. Da aber im Donaudurchbruch ein pliozäner Talboden 260—270 *m* hoch liegt, so müssen hier noch im Pliozän, und zwar nach der levantinischen Zeit bedeutende Veränderungen stattgefunden haben. Toula vertritt die Meinung, daß es sich dabei nicht so sehr um Verschiebungen des Meeresspiegels handle, sondern vielmehr um Verschiebungen in der Erdkruste. Er denkt sich, daß gleichzeitig ein Emporheben und ein Absinken einzelner Festlandmassen geschah, wobei ja das Absinken überwogen haben kann. Auch Cvijič hält es für wahrscheinlich, daß hier Hebungen stattgefunden haben.

Auf Grund aller dieser Erfahrungen möchte ich die Hochlage der pliozänen Aufschüttungsfläche in der Grazer Bucht und der gleichaltrigen Formen des Alpenrandes in folgender Weise erklären. Während des Pliozäns (pontische Zeit, vielleicht andauernd bis in die levantinische Zeit) geschah im pannonischen Becken eine bedeutende Aufschüttung und zugleich in den Randgebirgen eine Abflachung des Reliefs — vielleicht ließen sich ähnliche Erscheinungen wie im Banater Gebirge und am Rande der Grazer Bucht auch an anderen Teilen des Randes des pannonischen Beckens nachweisen? —; später folgte dann eine große Erhebung der Randgebirge und zugleich ein Absinken der zentralen Teile des pannonischen Beckens. Von diesen Bewegungen wären nicht alle Teile in gleichem Maße betroffen worden, so daß also die Reste des pliozänen Reliefs heute verschieden

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

hoch liegen und man auch die pliozäne Aufschüttungsfläche, beziehungsweise den pliozänen Seespiegel in verschiedenen Höhen rekonstruieren muß. In Untersteiermark nahm die pliozäne Bewegung noch bedeutende Dimensionen an, so daß hier auch die pontischen Schichten noch sehr gestört sind. Zu vergleichen wären hier die pliozänen Hebungen, die von Penck und Brückner in den Südalpen, von Kossmat und Krebs im Triestiner Karst nachgewiesen wurden (vgl. zusammenfassend Krebs, Lit. Nr. 32, S. 41).

Danach würden die Alpen, wenigstens an ihrem Ostrande, seit ihrer miozänen Hauptfaltung in der Hauptsache folgende Entwicklungsphasen durchgemacht haben:

1. mit der miozänen Hauptfaltung beginnend die Ausbildung des miozänen Reliefs,

2. eine spätmiozäne (vorpontische) Hebung und zugleich Zerstörung des miozänen Reliefs (vorpontische Erosion),

3. die pliozäne Aufschüttung am Gebirgsrande und teilweise in die Alpentäler zurückgreifend (vgl. damit das Sattnitzkonglomerat!), gleichzeitig eine allgemeine Verflachung des Gebirgsreliefs und

4. eine spätpliozäne Hebung (jedenfalls mit lokalen Senkungen) und die Erosion der heutigen Täler.

Bei tektonischen Betrachtungen des Gebirges wäre also eine Trennung der einzelnen Spuren dieser verschiedenen Krustenbewegungen anzustreben; dies ist aber nur möglich durch eine Berücksichtigung auch der morphologischen Verhältnisse. Nur durch ein Handinhandgehen morphologischer und tektonischer Untersuchungen können die so zahlreichen und überaus interessanten Probleme der Talbildung, wie sie sich hier im Osten der Alpen finden, einer Lösung zugeführt werden.

Literaturverzeichnis.

1 J. Sölch, Ein Beitrag zur Geomorphologie des steirischen Randgebirges. Vhdl. d. 18. D. G.-Tages z. Innsbruck 1912.
— Blockbildungen am Saume des steirischen Randgebirges. Vhdl. d. Versammlung deutscher Naturf. u. Aerzte. Wien 1913.

2 V. Hilber, Das Alter der steirischen Braunkohlen. M. d. Geol. Ges. Wien I, 1908.

3 — Das Tertiärgebiet um Hartberg in Steiermark und Pinkafeld in Ungarn. Jb. d. k. k. geol. R.-A. 1894 (siehe hier weitere Literaturangaben).

4 Fr. Bach, Das Alter des „Belvedereschotters". Zentralbl. f. Miner. usw., 1908, 13.
— Mastodontenreste aus der Steiermark. Mitt. d. Geol. Ges. Wien II, 1909.
— Mastodontenreste aus der Steiermark. Beitr. z. Pal. u. Geol. Oesterr.-Ung. u. d. Orients. Bd. XXIII, 1910.

5 V. Hilber, Die Wanderblöcke des alten Koralpengletschers auf der steirischen Seite. Jb. d. k. k. geol. R.-A. 1879.
— Wanderblöcke in Mittelsteiermark. Führer z. d. Exkurs. d. IX. internation. Geol.-Kongr. in Wien 1903.
— Die rätselhaften Blöcke usw. Mitteil. d. naturwiss. Ver. f. Steiermark 1913.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

6 A. Penck u. E. Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter. III. Band. Leipzig 1909.

7 D. Stur, Geologische Uebersichtskarte des Herzogtums Steiermark. Graz 1865.
— Geologie der Steiermark. Graz 1871 (siehe hier Verzeichnis der sämtlichen älteren Literatur).

8 R. Hörnes, Zur Geologie der Steiermark. Vh. d k. k. geol R.-A. Wien 1878 (S. 304).
— Sarmatische Ablagerungen in der Umgebung von Graz. M. d. naturwiss. Ver. f. Steierm. Jg. 1878.

9 A. Aigner, Eiszeitstudien im Murgebiete. M. d. naturwiss. Ver. f. St. Jg. 1905.

10 V. Hilber, Das Tertiärgebiet um Graz, Köflach und Gleisdorf. Jb. d. k. k. geol. R.-A. 1893 (siehe hier ausführliches Literaturverzeichnis).

11 R. Hörnes, Bau und Bild der Ebenen Oesterreichs. Wien, Leipzig 1903.

12 — Die vorpontische Erosion. Sitz.-Ber. d. Wr. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Kl. Bd. CIX, 1. Abt.

13 Fr. Rolle, Die tertiären und diluvialen Ablagerungen in der Gegend zwischen Gratz, Köflach, Schwanberg und Ehrenhausen in Steiermark. Jb d. k. k. geol. R.-A. 1856, VII. Bd

14 V. Hilber, Asymmetrische Täler. Petermanns Geogr. Mitt. 1886.
— Die Entstehung der Talungleichseitigkeit. Mitt. d. naturw. Ver. f. Steierm. Jg. 1889.

15 K. v. Terzaghi, Geologie der Umgebung von Flamberg im Sausal. Mitt. d. naturw. Ver. f. Steierm. Jg. 1907.
H. Leitmeier, Geologie der Umgebung von Kainberg im Sausal. Ebenda. 1907.
— Zur Geologie des Sausalgebirges in Steiermark Ebenda 1908.

16 V. Hilber, Taltreppe. Eine geologisch-geographische Darstellung. Graz 1912.

17 S. Passarge, Physiologische Morphologie. Hamburg 1912.

18 F. Ilwof und K. F. Peters, Graz, Geschichte und Topographie der Stadt und Umgebung. Graz 1875.

19 W. Schmidt, Die Kreidebildungen der Kainach. Jb. d. k. k. geol. R.-A. 1908.

20 Fr. Eigel, Das kristallinische Schiefergebirge der Umgebung von Pöllau. Graz 1895.

21 Fr. Heritsch, Studien über die Tektonik der paläozoischen Ablagerungen des Grazer Beckens. Mitt. d. naturwiss. Ver. f. Steierm. Jg. 1905.

22 K. J. Andrä, Bericht über die Ergebnisse geographischer Forschungen im Gebiete der Sektion IX der Generalquartiermeisterstabskarte von Steiermark und Illyrien. Jb. d. k. k. geol. R.-A. 1854.

23 Fr. X. Schaffer, Das Alter des norischen Flusses. Mitt d. Geol. Ges. Wien 1911.

24 Th. Fuchs, Ueber Anzeichen einer Erosionsepoche zwischen Leithakalk und sarmatischen Schichten. Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Kl. CXI, 1902.

25 K. Oesterreich, Ein alpines Längstal zur Tertiärzeit. Jb. d. k. k. geol. R.-A. 1899.

26 E. Rotter, Bericht über die Exkursion des geographischen Seminars der Universität Wien auf die Raxalpe. Geogr. Jahresber. aus Oesterreich. VII, 1909.

27 G. Götzinger. Zur Frage des Alters der Oberflächenformen der östlichen Kalkhochalpen. Mitt. d. Geogr. Ges. Wien. 56, 1913.

28 H. Hassinger, Geomorphologische Untersuchungen aus dem Wiener Becken und seinem Randgebirge. Geogr. Abh. VIII/3 1905.

29 J. Cvijič, Entwicklungsgeschichte des Eisernen Tores. P.-Geogr. Mitt. Ergh. Nr. 160.

30 Fr. Toula, Ueber den Durchbruch der Donau durch das Banater Gebirge. Vortrag d. Ver. z. Verbr. naturw. Kenntn. in Wien. 35. Jg. Heft 9. Wien 1895.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

31 Halaváts, Die geologischen Verhältnisse des Alfölds zwischen Donau und Theiß. Mitt. a. d. Jahrb. d. kgl. ung. Geol. Anst. Bd. XI, 1897.

32 N. Krebs, Länderkunde der Oesterreichischen Alpen. Stuttgart 1913.

33 A. Winkler, Versuch einer tektonischen Analyse des mittelsteirischen Tertiärgebietes und dessen Beziehungen zu den benachbarten Neogengebieten. Verh. d. k. k. geol. R.-A. 1913.

— Untersuchungen zur Geologie und Paläontologie des steirischen Tertiärs. Studie über Verbreitung und Tektonik des Miozäns von Mittelsteiermark. Jb. d. k. k. geol. R.-A. Wien 1913, Bd. 63.

34 A. Winkler, Das Eruptivgebiet von Gleichenberg in Oststeiermark. Jb. d. k. k geol. R.-A. Wien 1913, Bd. 63.

35 A. Winkler, Ueber jungtertiäre Sedimentation und Tektonik am Ostrande der Zentralalpen. Mitt. d. Geolog. Ges. Wien VII, 1914.

36 H. Mohr, Bericht über die Verfolgung der geologischen Aufschlüsse längs der neuen Wechselbahn, insbesondere im großen Hartbergtunnel. Anzeiger d. kais. Akad. d. Wissensch., 23, 1909.

— Versuch einer tektonischen Auflösung des Nordostspornes der Zentralalpen. Denkschr. d. kais. Akad. d. Wissensch. Bd. I, XXXVIII.

— Geologie der Wechselbahn. Ebenda. Bd. I, XXXII.

37 F. X. Schaffer, Ueber Miozän im Bereiche der Alpen. Mitt. d. Geolog. Ges. Wien VIII, 1915.

38 Petrascheck, Montanistische Rundschau 1913, Nr. 8. Vortragsbericht.

39 F. F. Hahn, Grundzüge des Baues der nördlichen Kalkalpen. Mitt. d. Geolog. Gesellsch. Wien. VII. Bd. 1913.

Inhaltsübersicht.

Seite

Einleitung 293

I. Die miozänen und pliozänen Schichten der Grazer Bucht 294

Ueberblick über die Tertiärschichten der Grazer Bucht (294). — Sölchs Ansichten über die Schotter des Gebietes (294). — Die Schotter eine einheitliche Bildung (297).

II. Die Umbildungsepochen der Grazer Bucht und die pliozäne Landoberfläche 298

Das untere Denudationsniveau im Miozän (298). — Anhaltspunkte für dessen Lage in pontischer Zeit (299). — Das mittelsteirische Hügelland aus einer Ausgangsform abgeleitet (300). — Die paläozoische Berggruppe des Sausal und die Gleichenberger Vulkanberge in ihren Beziehungen zur Ausgangsform des Hügellandes (300). — Die pliozäne (pontische) Aufschüttung der letzte wichtige Abschnitt in der Entwicklung der Grazer Bucht vor der Eintiefung der heutigen Täler (302).

III. Die Oberflächengestaltung des Gebirgsrandes 302

Hochgelegene flache Formen im Randgebirge der Grazer Bucht (302). Harmonische und disharmonische Formen (303). — Die hochgelegenen Schottervorkommen im Randgebirge (304). — Umgebung von Voitsberg und Köflach (305). — Das Murtal zwischen Peggau und Graz und die Gegend von Radegund (306). — Das Raabtal und das Passailer Becken (308). — Das Feistritzgebiet (310). — Die Bucht von Pöllau (312). — Das Gebiet der Lafnitz (312). Nördliche und östliche Umgebung von Friedberg (313).

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Seite

IV. Das geologische Alter der disharmonischen Oberflächenformen . . . 314

Ungenügende geologische Anhaltspunkte für die Altersbestimmung; Notwendigkeit einer morphologischen Untersuchungsmethode (314). — Die heutigen Oberflächenformen nicht unmittelbar ableitbar aus der Landoberfläche vor dem Einbruch der Bucht (316). — Die disharmonischen Formen jedenfalls pliozänen Alters (317). — Vergleich der Leistung der Talbildung in unzweifelhaft pliozänen epigenetischen Tälern mit der in Tälern, die unmittelbar in die alte Landoberfläche eingetieft sind (318). — Fast alle im Randgebirge gefundenen alten Oberflächenteile parallele, also zeitlich zusammengehörige Bildungen (319). — Die Reste der alten Landoberfläche und die pontische Aufschüttungsfläche über dem Hügelland (322). — Die Entstehung der pliozänen Landoberflächen. Durch ihre Ausbildung das vorpliozäne Relief bis auf undeutliche Reste ausgetilgt (323).

V. Morphologische Beobachtungen im Längstale der Mur und Mürz und im Lavanttale 325

Spuren eines pliozänen Reliefs (325). — Keine Beziehungen zwischen diesem und den untermiozänen Schichten (326). — Bedeutende Umformung des Gebirges zwischen miozänem und pliozänem Relief (326). — Bemerkungen zu den morphologischen Problemen in den nordöstlichen Alpen (327).

VI. Schlußbemerkungen 327

Die absolute Höhe der pliozänen Aufschüttungsfläche (327). — Hauptphasen der Entwicklung der Alpen an ihrem Ostrande seit der miozänen Hauptfaltung (329).

Literaturverzeichnis 329

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt

Jahr/Year: 1916

Band/Volume: 066

Autor(en)/Author(s): Aigner August

Artikel/Article: Geomorphologische Studien über die Alpen am Rande der Grazer Bucht. 293-332