

6. Klebelsberg, R. v., Das Antlitz der Alpen. Z. d. Deutschen Geol. Ges., Bd. 77, Jg. 1925, S. 372—390.
7. Krafft, A. v., Über den Lias des Hagengebirges. Jb. d. K. k. Geol. R.-A., Bd. 47, 1897, S. 200—224.
8. Leuchs, K., Geologie von Bayern, II. Teil, Hdb. d. Geol. u. Bodenschätze Deutschlands, von Dr. E. Krenkel, Berlin 1927, 374 S.
9. Lichtenecker, N., Österreich im Hdb. d. Geogr. Wissensch., von Dr. Fr. Klute, Bd. Mitteleuropa u. Osteuropa, Potsdam 1935. Darin: Formenentwicklung der Alpen. S. 98—105.
10. Machatschek, F., Morphologische Untersuchungen in den Salzburger Kalkalpen. Ostalp. Formenstud. H. 4, Berlin 1922, 304 S.
11. Schauburger, O., Ein neuer Augensteinfund am Hochkönig. Verh. Geol. B.-A. 1935, S. 73—74.
12. Schlager, M., Über zwei kleine Vorkommen tektonisch beanspruchten Jungtertiärs auf dem Hochkönig. Verh. Geol. B.-A. 1935, S. 69—72.
13. Seefeldner, E., Zur Morphologie der Salzburger Alpen. Geogr. Jahresber. aus Österreich, XIII. Bd., 1926, S. 107—149.
14. Winkler, A., Über Studien in den inneralpinen Tertiärablagerungen und über deren Beziehungen zu den Augensteinfeldern der Nordalpen. Sitzungsber. d. Ak. d. Wiss. in Wien, math.-naturw. Kl., Abt. 1, 137. Bd., 1928, S. 183—225.
15. Winkler, A., Die jungtertiären Ablagerungen an der Ostabdachung der Zentralalpen und das inneralpine Tertiär. In: Geologie von Österreich, herausgeg. v. F. X. Schaffer, Wien 1951.

ANDREAS THURNER (GRAZ), **Morphologie und Tektonik der Nördlichen Kalkalpen.**

Über die morphologische Entwicklung der Alpen haben in den letzten 30 Jahren besonders Penk, Machatschek, Sölch, Aigner, Klebelsberg, Schwimmer, Heritsch, Winkler wertvolle Beiträge geliefert.

Es gilt heute wohl als gesichert, daß die Oberfläche der Alpen erst in jüngster Zeit geprägt wurde und daß die Alpen nicht plötzlich zum Gebirge, sondern allmählich gehoben wurden. Besonders die Verbeugungssysteme beweisen, daß mehrere Hebungsvorgänge die Alpen zum Gebirge machten.

Im allgemeinen neigt man zu der Ansicht, daß die Entstehung der heutigen Oberfläche von der tektonischen Gestaltung unabhängig ist und daß die Hebungsvorgänge mit den epirogenetischen Bewegungen zu verbinden sind, und diese Ansicht wird auch noch dadurch erhärtet, daß die heutige Oberfläche vielfach die großtektonischen Formen nicht abbildet.

Wir brauchen nur die Profile in den Lechtaler Alpen und in den Bergen um Lunz (Oisberg, Königsberg) anzusehen und bemerken sofort, daß die Falten in der Oberfläche kein Abbild hinterließen.

Nun ist aber, wie ich im folgenden zeigen werde, die Unabhängigkeit von der Tektonik nur eine scheinbare. Es deuten vielmehr viele Anzeichen darauf hin, daß die Morphologie der Kalkalpen aufs innigste mit der Tektonik zusammenhängt, wobei man selbstverständlich immer bedenken muß, daß Tektonik nicht nur Faltung, Überschiebung usw. bedeutet, sondern auch Verstellungen infolge Bruchtektonik, also Hebungen und Senkungen beinhaltet.

Winkler (1933, 1943) hat ebenfalls in einer Reihe von Arbeiten darauf hingewiesen, daß die Bildung der Oberfläche im Jungtertiär

durch mehrzyklische Bewegungen (orogenetischer und epirogenetischer Art) bewirkt wurden.

Die epirogenetischen Bewegungen sind für die Geosynklinale charakteristisch, wo durch die Anhäufung der Sedimente allmählich Senkungen und vielleicht auch Hebungen entstanden. Sie verursachten keine Änderungen des Gefüges, sind weitspannig und bruchlos (Stille, 1924). Die Epirogenese schuf die Räume für die mesozoischen Sedimente im nordalpinen Raum, sie erzeugte den Flyschtrug, die Vortiefe für die Molasse und die Räume für die tertiären Ablagerungen am Ostrand der Alpen.

Die Orogenese, die uns in den verschiedensten Intensitätsgraden entgegentritt, verursachte mannigfaltige Umformungen, sie veränderte das Gefüge, ist im Raum oft stark verschieden und erzeugte ein deutliches Relief, das als tektonisches bezeichnet wird.

Gebirgsbildung und Abtragung.

Die Nördlichen Kalkalpen sind seit der Kreide von mehreren Gebirgsbildungen erfaßt worden. Dank der Forschungen Ampferers, Spenglers, Heritsch, Cornelius usw. unterscheidet man heute in den Kalkalpen die austrische oder vorgosauische, die laramische, die steirische, die attische, rhodanische und wallachische Gebirgsbildung (Stille, 1924), wobei freilich die letzten drei im kalkalpinen Raum nicht mehr mit Sicherheit getrennt werden können. Jede Gebirgsbildung erzeugte ein tektonisches Relief, das durch die exogenen Kräfte zu einem morphologischen Relief umgestaltet wurde.

Soweit heute die Auswirkungen der einzelnen Gebirgsbildungen zu überblicken sind, ersieht man, daß nicht immer die gleichen Räume erfaßt, sondern daß von der savischen Gebirgsbildung an immer schmalere Räume einbezogen wurden. Die Gebirgsbildungen wandern gegen die Ränder und die jüngsten haben den zentralen Teil der Ostalpen fast unberührt gelassen.

Auch die Intensität der Gebirgsbildung war räumlich und zeitlich verschieden. Ganz allgemein gesprochen sind z. B. die Falten in den Kalkalpen am Nordrand stärker zusammengepreßt als im Süden, auch ist von der savischen Gebirgsbildung an ein Nachlassen der Intensität festzustellen.

Wir betrachten nun die Auswirkungen der einzelnen Gebirgsbildungen und ziehen daraus Schlüsse auf die Bildung des morphologischen Reliefs.

Die austrische oder vorgosauische Gebirgsbildung erfaßte den ganzen Ostalpenraum. In den Kalkalpen hat sie vor allem die Faltung und die Aufschiebung der juvavischen Schubmassen bewirkt.

Wie die Profile zeigen, nimmt die Faltung gegen Norden allmählich zu. Im Süden (Spullerseemulde, Unkenermulde, Dachstein-Totengebirgsmulde, Hochschwab usw.) liegen breite, flache Falten vor. Gegen Norden werden sie enger und in der Allgäuer-Frankenfesler Schubmasse fallen eng zusammengepreßte Isoklinalfalten auf.

Dieses vorgosauische tektonische Relief bildete den Ausgangspunkt für die Bildung des morphologischen. Die tektonischen Tiefzonen wurden zu Tälern und Senken umgestaltet und bildeten die Sammel-

stellen für die Gosauablagerungen. Die tektonischen Hochzonen waren die Orte der Abtragung.

Mit Hilfe der juvavischen Schollen und der Gosauablagerungen kann man ungefähr erkennen, was bis zu dieser Zeit abgetragen wurde. (Abb. 1.)

Die juvavischen Schollen wurden in der austrischen Gebirgsbildung, also vor Ablagerung der Gosau, aufgeschoben. Im Raume Preintal-Halltal bei Mariazell berühren die juvavischen Schollen recht ver-

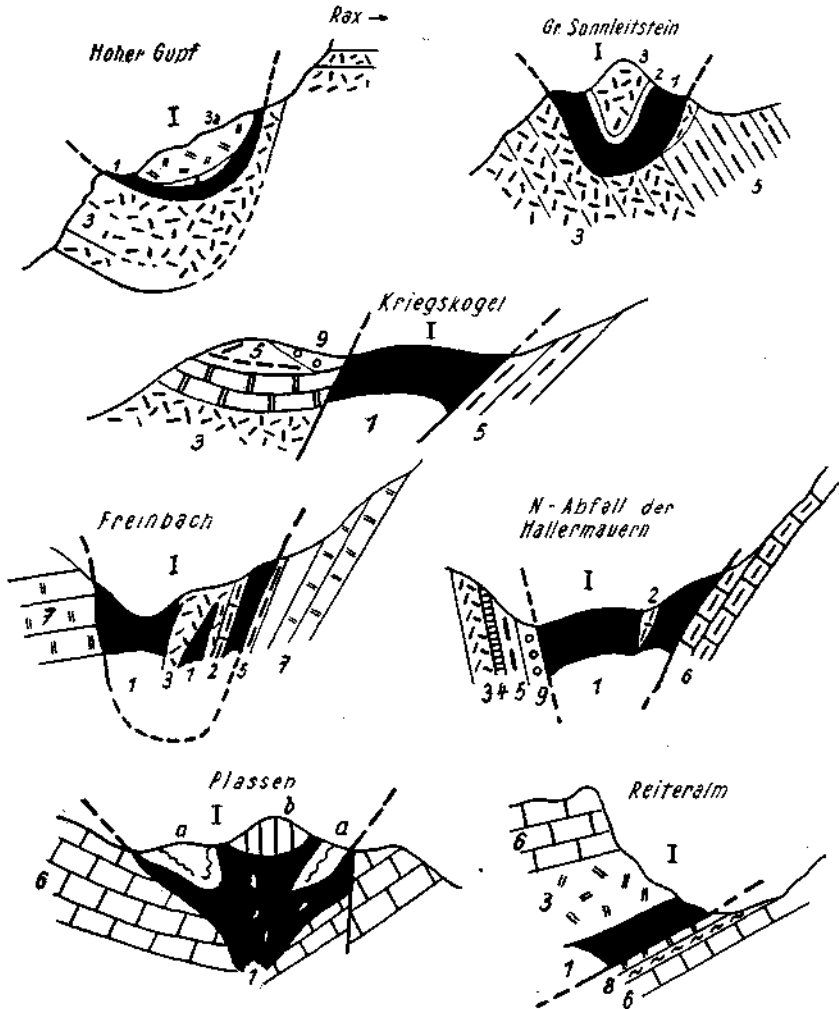


Abb. 1. Man beachte die Auflagerungsflächen der juvavischen Schubmasse I auf verschiedene Schichten.

1 = Werfener Schichten, 2 = Gutensteiner Kalk, 2a = Reifinger Kalk, 3-3a = Wettersteinkalk, Wettersteindolomit, 4 = Müritzaler Mergel, 4a = Raibler Schichten, 5 = Hauptdolomit, 6 = Dachsteinkalk, 7 = Hallstätter Kalk, 8 = Lias, 8a = Liasflockenmergel, 8b = Lias-Crinoidenkalk, 8c = Aptychenschichten, 9 = Gosau, a, b = Triasschollen

schiedene Schichten. Sie kommen mit Lunzerschichten, Hauptdolomit und verschiedenen Juraschichten in Berührung. Dies läßt den Schluß zu, daß vor der Aufschiebung eine deutliche Abtragung und die Aufschiebung über ein Erosionsrelief stattfand. Wenn man das Juraprofil bei Mariazell (Spengler, 1928) überblickt, so kommt man zu dem Ergebnis, daß mindestens 200 m Juraschichten abgetragen wurden. (Abb. 1.)

Im Süden, im Gebiet der Schneeralpe, überschiebt die juvavische Scholle der Hinteralpe hauptsächlich Dachsteinkalk oder Hauptdolomit; stellenweise kommt sie auch mit Mürztaler Mergel in Berührung. Im Gebiet des Rauhensteins und der Lachalpe (Südabfall der Schneeralpe) überschieben diese Schollen hauptsächlich Wettersteindolomit und teilweise auch Mürztaler Mergel und Dachsteinkalk.

Die juvavischen Schollen längs des Freinbaches (Kartenblatt Mürzschlag, Cornelius, 1937) überschieben am Nordabfall der Proles-Tonion Mürztaler Mergel und vereinzelt auch norische Hallstätterkalke. Juraschichten fehlen. (Abb. 1.)

Denken wir uns nun die juvavischen Schollen in dem Raume der Mürztaler Alpen abgehoben und vergegenwärtigen wir uns den Schichtbestand vor der Aufschiebung, so kommen wir zu dem Ergebnis, daß vorgosauisch große Teile abgetragen wurden. Im Proles-Schneepengebiet sind vielfach die norischen Schichten der Abtragung zum Opfer gefallen. Ob auch Juraschichten fortgeschafft wurden, läßt sich nicht mit Sicherheit angeben, weil diese vielleicht nicht mehr zur Ablagerung kamen.

Auf der Nordseite der Haller Mauern überschieben die juvavischen Schollen hauptsächlich Dachsteinkalk-, bzw. -dolomit. Nur an wenigen Stellen sind dürftig entwickelte, tektonisch stark beanspruchte Juraschichten vorhanden. Es war also auch in diesem Raume eine starke Abtragung der Aufschiebung vorausgegangen, doch war sie bereits kleiner als im Osten. (Abb. 1.)

Am Wurzener Kampl (Warscheneckgruppe) liegt die kleine juvavische Scholle verschiedenen Juraschichten auf. Die Abtragung war also vor der Aufschiebung nur gering.

Ähnliche Verhältnisse liegen im Mitterndorfer—Ausseebecken vor, wo die juvavischen Schollen ebenfalls Juraschichten auflagern.

Am Plassen (Spengler, 1928) sind unter den juvavischen Schollen verschiedene Juraschichten vorhanden, die auf ein deutliches Erosionsrelief schließen lassen (Ampferer, 1924). Auch im Lammertal lag ein ähnliches Relief vor.

Westlich der Salzach kommen die Schollen am Roßfeld usw. teilweise auf Kreideschichten zu liegen, so daß eine geringe Abtragung anzunehmen ist.

Überblicken wir nun die Abtragung vor der Aufschiebung der juvavischen Schollen, so erkennen wir, daß überall eine Abtragung vorausgegangen ist. Sie war im östlichen Teil bis ungefähr zum Phyrnpaß größer als im westlichen, wo noch verschiedene Juraschichten erhalten blieben. Auf jeden Fall aber, und das halte ich besonders fest, erfolgte schon vor der Aufschiebung der juvavischen Schollen eine beträchtliche Abtragung.

Man könnte nun einwenden, daß die höher gelegenen Schichten nicht der Abtragung zum Opfer fielen, sondern durch die Aufschiebung der juvavischen Schubmasse abgeschürft wurden. Dagegen möchte ich einwenden, daß die Basisschichten der juvavischen Schubmasse, die tonig sandigen Werfenerschichten, für solche Abschiebungen nicht das geeignete Material sind; ferner müßten dann auch im Westen im ähnlichen Ausmaße Abschiebungen vor sich gegangen sein und schließlich zeigen die Auflagerungsflächen der Gosau (siehe später), daß es sich um Abtragungen und nicht um Abschiebungen handelte.

Einen weiteren Einblick in die Abtragungsverhältnisse, welche durch die austrische Gebirgsbildung eingeleitet wurden, gewähren uns die Gosausedimente (Abb. 2).

Die mächtigen Gosauablagerungen von Altenmarkt—Hinterbrühl liegen im Norden verschiedenen Juraschichten und vereinzelt auch dem Hauptdolomit auf; im Süden ist die Unterlage nicht zu erkennen, da die Gosauschichten zum größten Teil von Triasschichten überschoben sind.

Die Gosau von Dreistätten-Grünbach kommt mit verschiedenen Triasschichten und stellenweise auch mit juvavischen Werfenerschichten in Berührung.

Am Plateau der Schnealpe liegt bei „Prettschacher“ ein kleiner Gosarest auf Wettersteinkalk; das ist wohl ein klarer Beweis, daß die höheren Schichten bereits vorher abgetragen waren und in den folgenden Zeiten keine nennenswerten Schichten (höchstens Gosau) zur Abtragung kamen.

Zwischen der Mariazeller Saualpe und der Hohen Student transgredieren die Gosauschichten bereits über ein deutliches Relief, das aus juvavischen Werfenerschichten besteht.

Östlich von Schwarzau lagern Gosauschichten hauptsächlich dem Plassenkalk auf, kommen am Nordrand jedoch auch mit Dachsteinkalk in Berührung, so daß vor der Ablagerung ein deutliches Relief vorlag (Spengler, 1931).

Auf der Klosteralpe sind die ursprünglichen Lagerungsverhältnisse wegen der nachgosauischen Tektonik schwieriger zu erkennen, doch ersieht man aus den Profilen von Spengler (1928) immerhin, daß sie auf die stark abgetragenen Falten der Lunzerschubmasse zu liegen kommen.

Bei Mariazell liegen die Gosauschichten teilweise auf Juraschichten, teilweise auf Dachsteinkalk und Hauptdolomit, ein Beweis also, daß die Abtragung vorgosauisch schon stellenweise die Triasschichten angegriffen hat.

Im Becken von Gams-Landl überdecken die Gosauschichten gering mächtige juvavische Schollen (Ampferer, 1931), dann im NO Plassenkalk, gegen den Lerchkogel-Akogel zu Dachsteinkalke, die kleine Reste von Juraschichten tragen, und auf der Steinwand kommen sie mit Hauptdolomit in Berührung. Der Südrand wird von Dachsteindolomit und weiter im Osten von Wettersteindolomit gebildet. Es lag also eine schon stark der Abtragung verfallene Wanne vor.

Die Gosauablagerung vom Fobestal (Hochschwab) grenzt im Norden

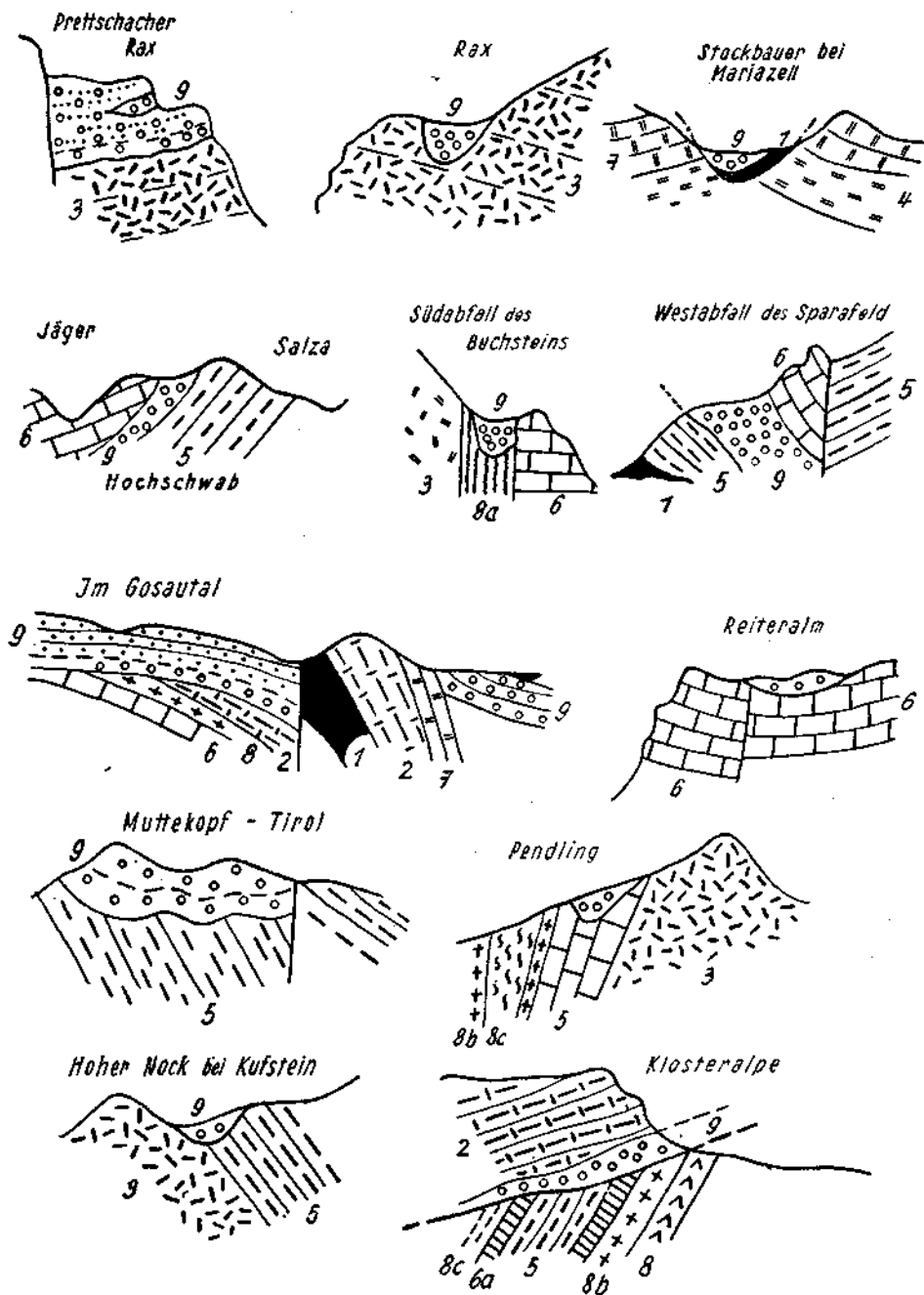


Abb. 2. Die Gosauschichten liegen verschiedenen Schichten auf.
Bezeichnung wie Abb. 1. 6a = Kössener Schichten

an Dachstein-Riffkalk, im Süden an Wettersteinkalk. Es scheint also bereits zur Gosauzeit das Hochschwabplateau frei von Juraschichten gewesen zu sein.

Im Becken von Windischgarsten überdecken die Gosauschichten teilweise die juvavischen Werfenerschichten, die vereinzelt noch Schollen von Muschelkalk tragen. Im Norden kommen sie mit Hauptdolomit, im Westen mit Dachsteinkalk in Berührung. Es lag also auch hier ein bereits stark abgetragenes Relief vor, das in der folgenden Zeit nur mehr wenig Schichten verloren hat.

Die Gosauschichten am Südabfall des Warschenecks liegen — so weit der Untergrund rekonstruierbar ist — auf stark zernagtem Dachsteinkalk.

Im Becken von Gosau bedecken die Gosauschichten teilweise juvavische Schollen (Plassen), westlich vom Gosautal Dachsteinkalk und teilweise sogar den Ramsaudolomit. Im Süden liegen sie auf Dachsteinkalk. Denken wir uns also die Gosau abgehoben, so erhalten wir eine tief ausgeräumte Mulde, die hauptsächlich von norischen Schichten umrahmt ist.

Die Juraschichten, die vor der Aufschiebung der juvavischen Schollen noch teilweise vorhanden waren, sind also bereits der Abtragung zum Opfer gefallen. Der Dachstein war mithin schon vorgosauisch von den Juraschichten zum größten Teil befreit.

Die Gosauschichten auf der Reiteralm transgredieren auf Dachsteinkalk und die schmalen Gosaureste am NW-Rand der Staufen Schubmasse liegen hauptsächlich auf Hauptdolomit. Es waren also auch hier bereits die Juraschichten abgetragen, obwohl sie unmittelbar nördlich in der „Thierseemulde“ erhalten sind.

Die zahlreichen Gosaureste in den Brandenbergen breiten sich über Hauptdolomit und teilweise auch über Wettersteinkalk aus.

Am Muttekopf lagern die Gosauschichten dem Hauptdolomit auf (Abb. 2).

Überblicken wir nun die tektonische und morphologische Entwicklung bis zur Gosauablagerung, so können wir nun einige wichtige Erkenntnisse ableiten. Wir sehen, daß die austrische Gebirgsbildung ein deutlich akzentuiertes Relief erzeugte, das noch vor der Aufschiebung der juvavischen Schollen eine Abtragung mitmachte, die im Osten stärker war als im Westen (siehe Juraschichten!). In einer weiteren noch vorgosauischen Gebirgsbildung (2. Teilphase) erfolgte die Aufschiebung der juvavischen Masse. Auch dieses tektonische Relief verfiel der Abtragung. Wie die Auflagerungsflächen der Gosau gezeigt haben, wurden nicht nur diese Schubschollen weitgehend abgetragen, es fielen auch in den Basisschubmassen (hochalpine Schubmasse, Staufenschubmasse) fast die ganzen Juraschichten der Abtragung zum Opfer.

Es waren also vor Ablagerung der Gosau die Kalkalpen zum größten Teil schon so weit abgetragen, wie sie uns heute vorliegen. Die flächenhafte Abtragung, die zur Erniedrigung führte, fand also zum größten Teil vor Ablagerung der Gosau statt. Weder aus den Gosaumulden (Grünbach, Mariazell, Landl, Windischgarten, Gosau), noch von den Hochzonen (Schneeberg, Fobestörl, Reiteralm, Brandenberge, Mutte-

kopf) wurde nach Ablagerung der Gosau noch besonders viel abgetragen. Die folgenden Abtragungen wirkten mehr in die Tiefe als in die Breite.

2. Zwischen oberem Oligozän und unterem Miozän setzte die savische Gebirgsbildung ein, die nach Winkler dreiphasig ist (Vor-, Haupt- und Nachphase). Dabei wurde der gefaltete mesozoische Schichtstoß in Schubmassen zerlegt; es entstanden die Lechtaler- und Allgäuer-, die Staufen-, die Dachstein-, Ötscher-, Lunzer und Frankenfesler-Schubmasse. Die Kaisergebirgs-Schubmasse, die Reiflinger Scholle, die Warscheneck-Einheit und die eigentliche Gamsfeldscholle bezogen ihre jetzige Stellung. Die schönen Falten im Synklinorium und in der Lunzer Schubmasse wurden nach Norden überkippt; die Falten in der Allgäuer- und Frankenfesler Schubmasse erlitten ebenfalls Überkipnungen. Der Flysch wurde in dieser Gebirgsbildung gefaltet, die Kalkalpen auf den Flysch aufgeschoben, so daß diese in ihrer Gesamtheit etwas nach Norden verschoben wurden.

Im Süden erlitten die Kalkalpen verhältnismäßig wenig tektonische Veränderungen. Wohl fanden durch die Ausbildung der Schubmasse und durch die Aufschiebung auf den Flysch Verschiebungen gegen Norden statt, die, weil sie nicht überall um den gleichen Betrag erfolgten, zu Zerreißen und zur Entstehung von Teilstücken (Turner, 1942) führten, doch die Großformen (flache Mulden) blieben erhalten; nur der Zusammenhang im Streichen ging verloren.

Es gab also in der savischen Gebirgsbildung gewaltige tektonische Umformungen und es ist daher wohl klar, daß dabei die gosauische Oberfläche weitgehend zerstört wurde.

Besonders im Norden, wo die neuen Schubmassen entstanden, wurde ein vollständig neues tektonisches Relief geschaffen, das die gosauische Oberfläche fast vollständig ausschaltete. Am Südrand jedoch bleiben in den einzelnen Teilstücken gosauische Teilstücke der Form nach, ich sage ausdrücklich: der Form nach, erhalten; so vielleicht in den Steinbergen, im Tennengebirge, Dachstein, Hochschwab, Rax, Schneealpe usw. Doch waren diese Flächenstücke nicht mehr aktiv, sondern aus dem Zusammenhang gerissen, so daß sie der weiteren Abtragung mehr oder minder entzogen waren.

Im allgemeinen jedoch war das tektonische Relief nach der savischen Gebirgsbildung vom vorgosauischen verschieden. Die Zusammenhänge zwischen Falten und Oberfläche waren verloren gegangen und die neuen tektonischen Formen bildeten den Ausgangspunkt für die folgende Abtragung, die sich eng an das tektonische Relief an schloß.

Die Schubmassen, die zur savischen Gebirgsbildung entstanden, ge wahren nun wieder die Möglichkeit, die Abtragungsbeträge vor der Aufschiebung festzustellen.

Die Lechtaler Schubmasse überschiebt zwischen Walsertal und Reutte fast ausschließlich Jura- und Kreideschichten der Allgäuer Schubmasse. Am häufigsten bilden Fleckenmergel die Schubbahn, oft sind jedoch noch Kreideschichten erhalten geblieben.

Im Ammergebirge berührt die Lechtaler Schubmasse ebenfalls meist Jura- und Kreideschichten der Allgäuer Schubmasse, die daher nur

eine geringe Abtragung erlitten hat. Wo jedoch die Allgäuer Schubmasse unter der Lechtaler Schubmasse in einem Fenster aufscheint (z. B. Hornbach, Tannheim, Vilseralpen), sind meist nur Schichtstöße bis zum Fleckenmergel erhalten geblieben.

Auch in der Frankenfeser Schubmasse herrschen ähnliche Verhältnisse, fast überall liegt die Lunzer Schubmasse oder die Staufeu Höllengebirgsdecke auf Juraschichten. Die Abtragung dieses Baustreifens kann daher vor der Aufschiebung keine bedeutende gewesen sein.

Anders ist jedoch der Erhaltungszustand in der Lechtaler-, Staufeu- und Höllengebirgsdecke (Spengler, 1928) und in der Lunzer-, Ötscherdecke. Schon die Gosauablagerungen am Muttekopf, auf dem Brandenberg, nördlich der Walchensee-Kössenermulde beweisen, daß vor Ablagerung der Gosau schon eine weitgehende Abtragung vorhanden war, denn die Gosauschichten liegen vielfach über Wettersteinkalk, Hauptdolomit.

Betrachten wir ferner die Überschiebungsbahnen unter der Gamsfeldscholle (Spengler, 1918), so werden gering mächtige juvavische Werfener Schichten und Hallstätterkalk überschoben (Abb. 3).

Am Kasberg liegt die liegende Falte aus Gutensteiner-, Reiflinger-Kalk auf Hauptdolomit. Die Gosau unmittelbar nördlich davon (Grünau) transgrediert auf Schichten der unteren Trias.

Überblicken wir die Verhältnisse der Ötscher Schubmasse, die nach Spengler in Göller-, Unterberg- und Reisalpen-Annaberg Teilschubmasse zerfällt, so lassen sich bemerkenswerte Feststellungen machen. Die Göller Schubmasse überschiebt fast durchwegs Hauptdolomit, stellenweise auch Dachsteinkalk und Wettersteindolomit. Nur bei Neuhaus sind an der Überschiebungsbahn Fetzen von Jura eingekleilt. Folglich kann man mit Recht annehmen, daß vor der savischen Gebirgsbildung die Juraschichten bereits abgetragen waren (Abb. 3).

Die Unterberger Schubmasse überschiebt ebenfalls Hauptdolomit, nur an einer Stelle (Blatt Schneeberg, Spengler) kommt sie mit Wettersteindolomit in Berührung. Die Annaberg-Schubmasse überschiebt am Nordrand und im Annaberg-Fenster (Spengler, 1928) Hauptdolomit der Lunzer Schubmasse. Manchmal liegt sie auf Lunzer Schichten und Wettersteindolomit auf. Die Überschiebungsbahn ist hier ein deutliches Erosionsrelief, das die Juraschichten und Teile der norischen Stufe eingebüßt hat.

Die Reisalpen-Schubmasse überschiebt diskordant die Lunzer Schubmasse, deren Schubbahn aus Gosauschichten, Hauptdolomit, Lunzer Schichten und teilweise auch aus Juraschichten besteht; es erfolgte also auch hier die Aufschiebung auf ein bereits tief abgetragenes Relief (Abb. 3).

Nun noch ein Blick auf das Schwechater Fenster. Auch da überschoben die Kalkmassen des Lindkogels den Dachsteinkalk und stellenweise die Rhätschichten. Weiter im Norden (Preinsfeld) kommen in einem Fenster Werfener Schichten zutage. Wir sehen, daß auch im Osten der Kalkalpen die Abtragung vor der savischen Gebirgsbildung bereits recht beträchtliche Schichten fortgeführt hat. Es könnte hier

ebenfalls der Einwand erhoben werden, die Juraschichten blieben deshalb nicht erhalten, weil sie abgeschoben, abgeschert wurden.

Im Raum der Ötcher Decke sind nirgends und auch nördlich davon Anzeichen bekannt, daß solche Abschiebungen stattfanden. Es fehlen vollständig irgendwelche tektonische Anhäufungen. Es fehlen vielfach auch die Hauptdolomite, von denen man nicht annehmen kann, daß sie abgeschoben wurden.

Und wenn im Westen an den Überschiebungsflächen die leicht beweglichen Juraschichten erhalten blieben, so muß man annehmen,

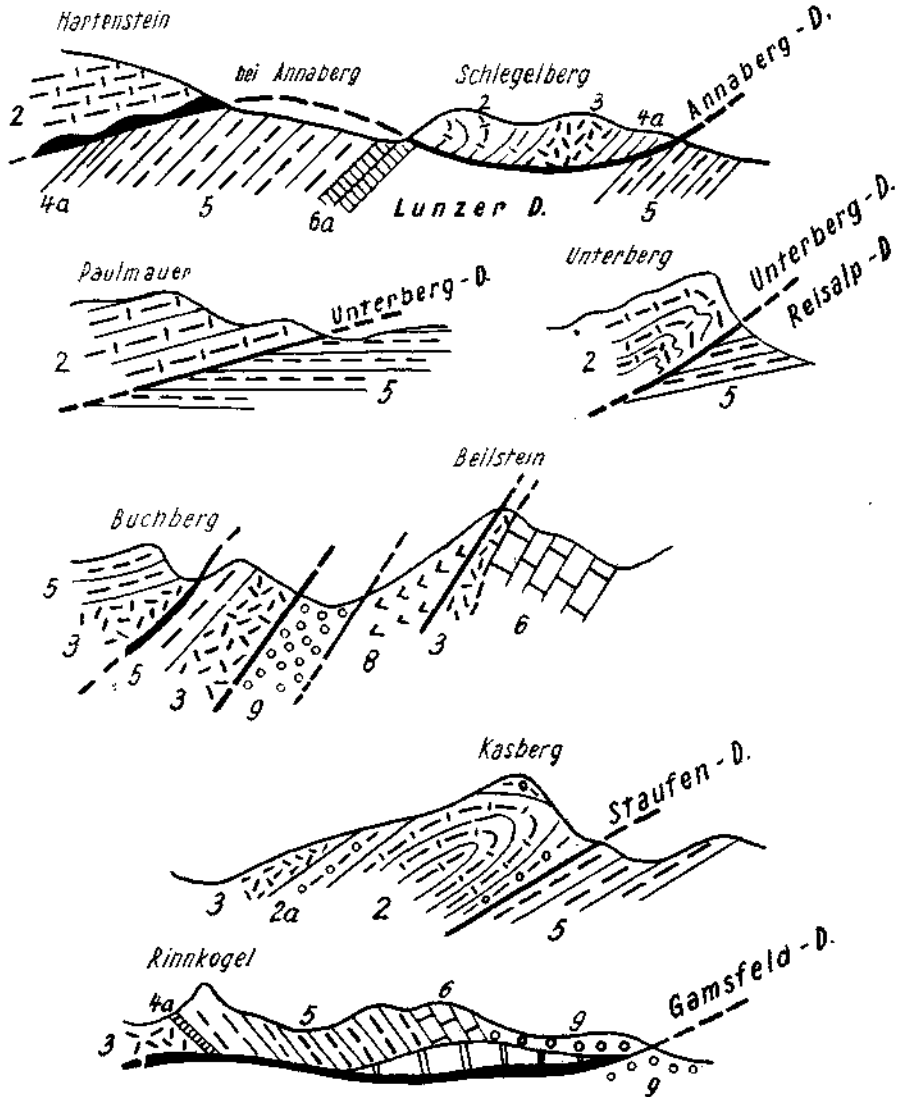


Abb. 3. Die Schubmassen wurden auf verschiedene Schichten aufgeschoben, daher waren vor der Aufschiebung schon Schichten abgetragen. Bezeichnungen wie Abb. 1.
6 a = Kössener Schichten, 4 a = Lunzer Schichten

daß auch im Osten wenigstens zum Teil diese Schichten der Überschiebung standhielten. Nachdem sie aber hier fehlen, muß man wohl schließen, daß sie, wenn sie überhaupt vorhanden waren, vor der Aufschiebung der Abtragung zum Opfer fielen.

Fassen wir nun die Verhältnisse vor der Aufschiebung der in der savischen Gebirgsbildung erzeugten Schubmasse zusammen, so können wir feststellen, daß die Abtragung in der Allgäuer- und Frankenfesler Schubmasse verhältnismäßig gering war; bedeutend größer war sie in der Lunzer Schubmasse, wo auf der Schubbahn meist sämtliche Juraschichten fehlen, und noch größere Beträge erreichte sie in der Ötscher Schubmasse, wo die Teilschubmassen oft schon den Wettersteinkalk berühren.

Auf jeden Fall, und das hebe ich besonders hervor, erfolgte die Hauptabtragung der mesozoischen Schichten in den Nördlichen Kalkalpen in der Zeit vor der savischen Gebirgsbildung. Nachher wurde die Mächtigkeit der Schichtstöße nur mehr wenig verändert.

Daß es nach der savischen Gebirgsbildung zu keiner bedeutenden flächenhaften Abtragung mesozoischer Schichten kam, beweisen die wenigen tertiären Ablagerungen in den Kalkalpen.

Wir sehen, daß das Tertiär von Stoder den Dachsteinkalken aufliegt; ebenso kommt das Tertiär von Hieflau auf diese Kalke zu liegen und transgredieren die tertiären Schichten von Grillenberg-Bärndorf auf Hauptdolomit. Das Tertiär des Kaisergebirges breitet sich über Hauptdolomit aus (Ampferer, 1933; Heißel, 1951).

3. Von der steirischen Gebirgsbildung, die im inneralpinen Tertiär (Fohnsdorf, Leoben, Mürztal, Ennstal, Lavanttal usw.) sicher nachweisbar ist, lassen sich die Auswirkungen nicht klar erkennen, denn es fehlen die entsprechenden Sedimente, die eine Einordnung ermöglichen.

Sicher ist, daß in dieser Phase die Flyschzone auf die Molasse geschoben wurde und dadurch machten sicher auch die Nordalpen kleinere Verschiebungen nach Norden mit. Da aber diese nicht gleichmäßig erfolgten, bildeten sich in den Kalkalpen verschiedene Brüche aus, die mit Verstellungen, Hebungen und Senkungen, Blattverschiebungen und Ausbildung von Teilstücken verbunden waren.

Viele Brüche in den Kalkalpen, jedoch bei weitem nicht alle, wurden in der steirischen Gebirgsbildung aufgerissen. Von einigen ist der Beweis zu erbringen; so wurde das Teilstück „Stoder“ mit dem 1700 m hoch gelegenen Tertiär und das Teilstück „Buchstein—Tamischbachturm“ mit dem am Westrand des Buchsteins eingeklemmten Tertiär höchstwahrscheinlich durch die steirische Gebirgsbildung verstellt. Auch am Südrand des Hochschwabs (Aflenzer Bürgeralpe—Schießling—Seegraben) bewirkten eine Reihe von N—S-verlaufenden Brüchen nicht nur Verstellungen im „Aflenzer Tertiär“, sondern auch im Triasschichtstoß.

Über die räumliche Verteilung der steirischen Gebirgsbildung lassen sich keine genauen Angaben machen, doch sprechen eine Reihe von Tatsachen im Wiener Becken und im steirischen Tertiär (Winkler, 1933—1943) dafür, daß sie sich an den Rändern stärker auswirkte als im Innern.

Wenn auch diese Gebirgsbildung schon bedeutend schwächer war als die vorhergegangenen, so war das Ergebnis doch wieder ein neues tektonisches Relief, wodurch gleichzeitig auch das nach der savischen Gebirgsbildung entstandene Abtragungssystem mehr oder minder zerstört wurde.

Die nun neu einsetzende Abtragung paßte sich wieder dem neuen tektonischen Relief an. Es wurden alte Verbindungswege und größere zusammenhängende Talstücke unterbrochen und längs der neu aufgerissenen Brüche neue Talwege eröffnet. Während die vorhergegangenen Abtragungen vornehmlich breit flächenhaft wirkten, ist nach der savischen Gebirgsbildung hauptsächlich ein Einschneiden in die Tiefe zu, also die Ausbildung eines dichten Talnetzes zu erkennen.

Da durch die steirische Gebirgsbildung die einzelnen Teilstücke im inneren Bau unberührt blieben, so ist es ziemlich sicher, daß alte Flächenstücke aus der Zeit vor der steirischen Gebirgsbildung erhalten bleiben. Es liegt kein Grund zur Annahme vor und es sind auch keine sicheren Beweise vorhanden, daß die Kalkalpen zu einer Fastebene umgestaltet wurden. Es ist auch recht unsicher, von einer allgemeinen jung-tertiären Bedeckung zu sprechen. Ich möchte hiebei nur auf die Tatsachen verweisen, daß das Tertiär von Aflenz-Göriach von diluvialen Schottern bedeckt ist und auch die Tertiärreste vom Lungau, Schöder (Thurner, 1952) zeigen ähnliche Verhältnisse.

Nach der steirischen Gebirgsbildung beginnt allmählich die Formung des heutigen Antlitzes der Kalkalpen. Das Talnetz ist in großen Zügen in Anlehnung an das letzte tektonische Relief festgelegt und es erfährt nur mehr geringe Veränderungen.

4. Die folgenden Gebirgsbildungen, die attische, rhodanische und wallachische, die vom Obermiozän bis ins jüngste Pliozän zur Wirkung kamen, sind in den Kalkalpen im einzelnen nicht zu unterscheiden. Wir kennen sie vor allem aus den tertiären Becken, wo eine Reihe von tektonischen Störungen darauf zurückzuführen ist (Winkler, 1943; Janoschek, 1943; Friedl, 1937; Göttinger, 1923 usw.).

Die Sedimente in den tertiären Becken lassen nun eindeutig den Schluß zu, daß infolge der Zufuhr von Grobablagerungen im benachbarten Gebirge Höferschaltungen vor sich gegangen sein müssen. Sicher sind eine Reihe von Brüchen entstanden, die verschiedene Verstellungen zur Folge hatten. Es läßt sich in vielen Gebieten feststellen, daß alte Verebnungssysteme verstellt sind, daß die Verbindung mit benachbarten Teilstücken infolge dieser Verstellungen erschwert ist. Auch die Ausfüllung mancher Talböden mit jungen Schottern läßt oft den Schluß zu, daß in jüngster Zeit noch verschiedene „Verbiegungen“ stattfanden. (Ampferer, Bohrung von Rum, 1921.)

Wieder wurden durch diese schwachen, im Abklingen befindlichen Gebirgsbildungen da und dort neue tektonische Formen geprägt, die in der Folge wieder eine Umgestaltung der Abtragung mit sich brachten; doch die Veränderungen waren gering, viele alte Formen blieben erhalten; nur in einzelnen Gebieten, an den Rändern stärker

als im Innern, wurden tektonische Formen geschaffen und neue Abtragungsformen gebildet.

Wir sehen also, daß jede Gebirgsbildung ein tektonisches Relief schuf, das der Ausgangspunkt der Abtragung wurde. Jede Gebirgsbildung hat das vorhergegangene morphologische Relief mehr oder minder zerstört bzw. umgebildet. Das neue tektonische Relief wurde wieder der Ausgangspunkt für die Gestaltung neuer Abtragungsflächen usw. Stets aber paßte sich die Abtragung dem tektonischen Relief an, so daß ein inniger Zusammenhang zwischen Tektonik und Morphologie besteht. Nur fällt dieser Zusammenhang nicht immer auf, denn die jüngsten Gebirgsbildungen erzeugten nicht mehr Falten und Überschiebungen, sondern durch Brüche bedingte Verstellungen, so daß das letzte tektonische Relief, aus dem die heutige Oberfläche ableitbar ist, nicht mehr so sicher rekonstruierbar ist wie ein tektonisches Relief, das aus Falten besteht. Dieser Zusammenhang wird besonders klar, wenn wir einige Formen, wie sie heute vor uns liegen, mit der Tektonik in Beziehung bringen.

Wir sehen z. B. viele juvavische Schollen, die vorgosauisch eingeschoben wurden, in muldenförmiger Lagerung und die ursprünglich ausgesprochene Tiefzonen darstellten. Morphologisch betrachtet sind viele dieser Muldenzonen auch heute noch als Tiefzonen (Täler, Senken, Becken) erhalten. Ich erinnere an das Prein- und Halltal bei Mariazell (Spengler, 1928), an die breite Senke am Nordabfall der Hallermauern, an die juvavischen Schollen im Becken von Mitterndorf-Aussee und an das Lammertal. Viel kann diesen Tiefzonen nachgosauisch nicht mehr passiert sein, denn die darüberliegenden Gosauschichten sind stratigraphisch ziemlich vollständig erhalten geblieben.

Besonders deutlich wird der Zusammenhang von Tektonik und Oberfläche bei den Gosauablagerungen, die in tektonischen Tiefzonen zum Absatz kamen. Manche wurden von der Tiefzone ausgeschaltet und zusammen mit dem Untergrund gehoben und verschoben (Muttekopf, Brandenberge, Reiteralm, Fobestörl im Hochschwab, Schneeberg usw.). Andere Gosauvorkommen wieder wurden tektonisch stark verschoben und überschoben (z. B. Gosauvorkommen nördlich der Salza zwischen Gußwerk und Weichselboden, Katergebirge bei Ischl, Klosteralpe). Einige aber blieben in Tiefzonen wenig gestört liegen und die folgenden Gebirgsbildungen haben anscheinend diese Lage wenig geändert. Die Gosaubecken von Gams, Windischgarsten, Gosau bilden deutliche Tiefzonen und haben durch Abtragung nur wenig Schichten verloren (Weigl, 1923, Lötgers, 1937, Kühn, 1947).

Diese Gosaubecken sind daher ein klarer Beweis, daß nachgosauisch nur wenig abgetragen wurde und daß daher alte tektonische Formen bis auf die heutige Zeit erhalten blieben. Es liegt nicht der geringste Beweis vor, eine große Abtragung von Schichten anzunehmen, für deren Vorhandensein nicht die geringsten Annahmen vorliegen.

Ein inniger Zusammenhang zwischen Oberfläche und Tektonik besteht in den Alpentälern. Es sind nicht nur die großen Alpentäler am Südrand der Kalkalpen, wie Inn-, Salzach-, Ennstal, längs auf-

fallender tektonischer Zonen angelegt, sondern auch viele kleinere Quertäler (Lech, Loisach, Salzach, Enns) verdanken ihre Entstehung vorgezeichneten tektonischen Streifen, die hauptsächlich in Einmuldungen, Achsenabsenkungen, Bruchzonen zur Geltung kamen. Vielfach benutzten Täler auffallende tektonische Störungstreifen (Überschiebungen, Zerrüftungstreifen usw.), wie z. B. das Ischltal, das Unkenertal, Buchauersattel, Admont, St. Gallen usw.).

Die Abhängigkeit der Täler von der Tektonik wirkt sich oft bis in die kleinsten Täler aus. So verlaufen die vielen Bachschrunsen am Nordabfall des Planspitz—Ödspitzkammes (Gesäuse) in Bruchzonen (Ampferer, 1935). Die Täler am Südabfall des Hochschwabes (Fölztal, Bürgergraben, Jauringgraben usw.) benützen ebenfalls vorgezeichnete Brüche. Ähnliche Beispiele gibt es in allen Gebirgsgruppen.

Immer wieder können wir, wenn wir eine Gebirgsgruppe geologisch aufnehmen, beobachten, daß tektonisch besonders ausgezeichnete Zonen morphologisch hervortreten. Es besteht, und das hebe ich besonders hervor, eben ein inniger Zusammenhang zwischen Tektonik und Morphologie.

Zusammenfassung der Ergebnisse

1. Die Verschiedenheit der heutigen Oberfläche vom tektonischen Relief ist nur eine scheinbare, denn die tektonischen Großformen der austrischen und savischen Gebirgsbildung wurden jeweils wieder durch die jüngeren Gebirgsbildungen zerstört. Die Anpassung der Oberfläche, welche durch die Abtragung entstand, erfolgte daher stets in Anlehnung an das letzte tektonische Relief.

2. Die Nördlichen Kalkalpen wurden durch sechs Gebirgsbildungen tektonisch umgestaltet. Jede schuf ein tektonisches Relief, das mehr oder minder der Abtragung anheim fiel, sodaß die letzte Oberflächenform immer in engster Anlehnung an das letzte tektonische Relief erfolgte. Mithin ist sie ein Abbild des tektonischen Reliefs.

3. Es konnte auf Grund der Auflagerungsflächen der juvavischen Schubmassen, der Gosau und der in der savischen Gebirgsbildung entstandenen Schubmassen der Beweis erbracht werden, daß die Hauptabtragung — die flächenförmige Erniedrigung — vor der savischen Gebirgsbildung stattfand. Schon vor Aufschub der juvavischen, der Ötscher-, Staufeu Schubmasse usw., waren die Kalkalpen fast bis zum heute bestehenden mesozoischen Schichtstoß erniedrigt.

4. Es wird an Beispielen gezeigt, daß tektonische Formen in der heutigen Oberfläche abgebildet sind. Besonders bemerkenswert ist, daß viele tektonische Formen der austrischen und savischen Gebirgsbildung morphologisch bis heute erhalten bleiben (z. B. Becken von Windischgarsten, von Mitterndorf-Aussee usw.), d. h. daß diese Formen nur wenig zerstört, sondern höchstens im gleichen Sinne weitergebildet wurden.

5. Erst nach der steirischen Gebirgsbildung trat Tiefenschurf besonders in Tätigkeit, wobei ebenfalls tektonisch bevorzugte Zonen die Talbildung begünstigten.

6. Es wurde der Beweis erbracht, daß Morphologie und Tektonik immer zusammenhängen.

- Ampferer, O., Die Gosau des Mutterkopfes. Jb. 1912. — Beiträge zur Geologie der Ennstaler Alpen. Jb. 1921. — Über den Westrand der Berchtesgadener Decke. Jb. 1927. — Geologie von Hieflau. Jb. 1927. — Geologische Erfahrungen in der Umgebung und beim Bau des Ybbstal-Kraftwerkes. Jb. 1930. — Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen. Jb. 1923, 1924, 1926, 1928, 1929, 1931. — Über das Bewegungsbild der Weyrerbögen. Jb. 1931. — Geologischer Führer für die Gossäuleberge. Geol. B.-A., 1933. — Geologischer Führer für die Gossäuleberge. Geol. B.-A., 1935. — Über einige Formen der Bergzerreißung. Sitzungsber. d. Ak. d. Wiss., Wien 1939. — Zum weiteren Ausbau der Lehre von den Bergzerreißungen. Sitzungsber. d. Ak. d. Wiss., Wien 1940. — Bergzerreißungen im Inntalraum. Sitzungsber. d. Ak. d. Wiss., Wien 1941. — Die Bohrung von Rum. Jb. 1921.
- Cornelius, H. P., Erläuterungen zur geologischen Karte des Raxgebietes. Jb. 1936. — Schichtfolge und Tektonik der Kalkalpen im Gebiet der Rax. Jb. 1937.
- Friedl, F., Pannonische Sedimente des Wiener Beckens. Mitt. d. Geol. Ges. 1931. — Der Steinberger Dom. Mitt. d. Geol. Ges. 1937.
- Fugger, E., Das Tennengebirge. Jb. 1941.
- Göttinger, G., Neue Funde von Augensteinen. Verh. 1913. — Oberflächenformen der nordöstlichen Kalkalpen. Mitt. d. Geol. Ges. 1913.
- Göttinger und Vettors, Der Alpenrand zwischen Neulengbach und Kogl. Jb. 1923.
- Janoschek, R., Das inneralpine Wiener Becken. In Schaffer: Geologie der Ostmark, 1943.
- Kleibelsberg, R., Die Erhebung der Alpen. Z. d. Geol. Ges. 1925. — Geologie von Tirol.
- Köckel-Steinemann-Richter: Geologie der bayrischen Berge zwischen Lech und Loisach. Wissensch. Veröff. d. D. u. Ö. Alpenv. 1931.
- Kühn, O., Zur Stratigraphie und Tektonik der Gosauschichten. Sitzungsber. 1947. Die Puchberg-Mariazeller Linie. Jb. 1931. — Über den Zusammenhang zwischen Dachstein und Totem Gebirge. Verh. 1934. — Untersuchungen über die tektonische Stellung der Gosauschichten. Sitzungsber. d. Ak. d. Wiss., Wien 1912, 1914. — Geologischer Querschnitt durch die Kalkalpen des Saizkammergutes. Mitt. d. Geol. Ges. Wien, 1918.
- Oswald, K., Geologische Karte und Geschichte der Wendelsteingruppe. Mitt. d. Geogr. Ges. München, 1929.
- Schaffer-Vettors, Das Alpenvorland. Aus Schaffer: Geologie der Ostmark, 1943.
- Sölch, J., Die Landformung der Steiermark. Naturw. Verein f. Steiermark, 1928.
- Spengler, E., Die Gebirgsgruppe des Plassen und Hallstätter Salzberges. Jb. 1918. — Das Aflenzler Triasgebiet. Jb. 1919. — Beiträge zur Geologie der Hochschwabgruppe und der Lassingsalpe. Jb. 1922 u. 1925. — Der geologische Bau der Kalkalpen des Traisengebietes. Jb. 1928.
- Spitz, A., Der Höllensteinzug bei Wien. Mitt. d. Geol. Ges. Wien, 1910. — Die nördlichen Kalkketten zwischen Mödling und Triestingbach. Mitt. d. Geol. Ges. Wien, 1919.
- Stille, H., Grundfragen der vergleichenden Tektonik. Berlin 1924.
- Stiny, J., Stoder Alpen. Cbl. 1925.
- Thurner, A., Reliefüberschiebungen in den Ostalpen. Berlin 1942. — Die Puchberg- und Mariazeller Linie. Sitzungsber. d. Akad. der Wiss. 1951. — Das Tertiär von Schöder. Verh. d. Geol. B.-A. 1952.
- Weigel, O., Stratigraphie und Tektonik des Beckens von Gosau. Jb. 1937.
- Winkler, A., Über Probleme ostalpiner Geomorphologie. Mitt. d. Geogr. Ges. Wien, 1929. — Ergebnisse über junge Abtragung und Aufschüttung am Ost- rande der Alpen. Jb. 1933. — Die tertiäre Schichtfolge am Alpenostabfall und ihre Beziehung zu jener des pannonischen Beckens. Reichsanst. f. Bodenf. Wien, 1943. — Die jungtertiären Ablagerungen an der Ostabdachung der Zentralalpen und das inneralpine Tertiär. In Schaffer: Geologie der Ostmark, 1943. — Der Kalkalpine Randsaum des südlichen inneralpiner Wiener Beckens im Jungtertiär. In Schaffer: Geologie der Ostmark, 1943.