

SONDERABDRUCK
AUS DER
ZEITSCHRIFT DER GESELLSCHAFT FÜR ERDKUNDE
ZU BERLIN
1905.

Das Becken von Guadix und Baza.

Von Dr. L. Siegert in Berlin.

Vom Fusse der Sierra Nevada aus erstreckt sich nach Norden zu eine weite Ebene, die Steppe von Guadix und Baza. Abseits von den großen Verkehrsadern gelegen, ist die Gegend trotz der Nähe des alljährlich vom Fremdenstrom überfluteten Granada nur selten das Ziel touristischer Unternehmungen. Auch für die geographische und geologische Erforschung des Gebietes ist wohl aus gleichem Grunde bisher noch sehr wenig geschehen, und doch ist der Besuch der Gegend außerordentlich lohnend. Dem Touristen bietet sich ein fremdartiges Landschaftsbild, wie man es in Europa nicht leicht wiederfindet; den Forscher aber erwarten wichtige Aufgaben aus fast allen Zweigen der Naturwissenschaften.

Im Auftrage und auf Kosten der Karl Ritter-Stiftung der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin bereiste ich im Frühjahr 1902 diese Gegend. Es ist mir eine angenehme Pflicht, dem Verwaltungsausschuss dieser Stiftung, insbesondere aber den Herren Geheimrat Hellmann und Geheimrat Frhrn. v. Richthofen, welche mein Interesse auf diese lohnende Aufgabe lenkten, mich mit Rat und Tat unterstützten und mir so Gelegenheit gaben, eine der merkwürdigsten Landschaften Europas näher kennen zu lernen, meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Als Zugang zu dem Becken benützte ich den bequemsten Weg, die Postverbindung zwischen Granada und Guadix.

Bald nachdem man Granada verlassen hat, tritt die wohlgepflegte Poststraße in die Sierra Harana ein, ein schroffes und zerklüftetes Kalkgebirge, das oft an unsere Dolomiten erinnert. Los dientes de la vieja, die Zähne der Alten, nennt der Spanier mit unziertem, aber

*) Dieser Bericht wurde in kürzerer Form in der Fach-Sitzung vom 20 Februar 1905 erstattet.

plastischem Ausdruck den wildesten Teil dieses Gebirges, zwischen dessen bizarren Felsmassen sich die beständig steigende StraÙe hindurchwindet. Nach fünfstündiger Fahrt ist die gröÙte Höhe erreicht, und nun jagt die Postkutsche auf engen Serpentinendicht am Rande eines steilen Abgrundes hinunter in ein schluchtenartiges Tal, in dem der Rio Fardes, kaum entsprungen, schon als starker Bach wild über Felsen schäumt. Nur kurze Zeit begleitet die StraÙe den Wildbach und strebt dann, wieder stetig ansteigend, dem Städtchen Diezma zu. Dicht hinter diesem Ort veränderte sich mit einem Schlage die Szenerie. War der Blick bisher eingeengt durch schroffe Höhen, so brachen diese jetzt plötzlich mit steilen Wänden ab, traten nach den Seiten zurück, und vor dem erstaunten Auge lag eine weite Ebene. Ich stand vor dem Ziele meiner Reise, am Rande des Beckens von Guadix und Baza.

Absolut horizontal breitet sich die Ebene aus, baumlos, öde; nackter Lehmboden, soweit der Blick reicht; überall düstere, traurige Farben, braun, grau; kein Dorf, kein Haus weit und breit; keine Linie in dieser gleichmäßigen Fläche, die dem irrenden Auge Richtung, kein Punkt, der ihm Ruhe gewährt. Das alles in einem scharf gezeichneten, leuchtenden Rahmen, zur Rechten die Kette der Sierra Nevada, die damals im Neuschnee weit dahin glänzte, in der Ferne die Berge der Sierra de Baza, die gleichfalls im letzten Schmuck des Winters prangten.

Den gleichen Eindruck einer einförmigen, düsteren Ebene empfängt man überall, wo man auch von dem Rande aus in das Becken hinabschauen mag. Betritt man jedoch die Ebene selbst, so sieht man bald, daß sie von zahlreichen Tälern durchfurcht wird, und abermals wie mit einem Zauberschlag ändert sich die Szenerie, wenn man in eines dieser Täler hinabsteigt. Dort oben trostlose Einförmigkeit, hier unten ein Formenreichtum, eine Farbenpracht, die ans Märchenhafte grenzen und schon manchem Weitgewanderten Ausrufe des Entzückens entlockten. Zerrissen sind die Wände der Täler durch Tausende von Schluchten und Rinnen und zu seltsamen architektonischen Wunderwerken modelliert. Vor ihnen stehen in immer weiteren Abständen und kleineren Abmessungen mächtige Türme, schlanke Pfeiler und Säulen. Und alle diese Bauwerke sind in ein tiefes, warmes Rot getaucht, das sich mit stumpfen gelben und grünen Tönen unter dem strahlenden Blau des andalusischen Himmels zu einer wunderbaren Farbensymphonie vereinigt, der zu lauschen das Auge nimmer müde wird, deren gewaltige Schlufsakkorde, wenn die untergehende Sonne

alles mit ihrem Purpur überzieht, die Seele tief ergreifen und wohl nie im Herzen des Wanderers völlig verklingen.

Doch wehe dem Träumer, kehrt er aus diesem Feenlande zurück zur ernsten, nüchternen Forschungsarbeit. „Sie geben, ach, nicht immer Glut, der Wahrheit helle Strahlen!“ Der Haupteindruck, den der geologisch forschende Blick erhält, ist der großer Eintönigkeit im Aufbau der gesamten Guadix-Formation. Eintönig ist die petrographische Zusammensetzung, eintönig die regelmäßige Wechsellagerung von harten und weichen Bänken, eintönig die fast überall schwebende Lagerung; eintönig und langweilig werden die Ablagerungen durch die fast absolute Fossilarmut. In dieser soeben geschilderten Ausbildung tritt uns die Hochebene vorzugsweise in ihrem südlichen Teil, dem Becken von Guadix, entgegen. Die nordöstliche Hälfte, das Becken von Baza, entbehrt dagegen meistens jener farbenprächtigen Bilder, graue und weißliche Töne herrschen in der Landschaft vor. Die Täler sind hier in der Regel weiter, die Abhänge fallen in breiten Terrassen zur Talsohle nieder, ein Unterschied, der durch die verschiedenen geologischen Formationen bedingt ist, welche die beiden Becken ausfüllen. Aber auch dieses Becken besitzt einen eigentümlichen landschaftlichen Reiz. Mitten aus der Ebene erhebt sich 500 m hoch der gewaltige Rücken des Jabalcon. Seine Abhänge bestehen teils aus nackten, schroff abstürzenden Felswänden, teils aus riesigen Schutthalden, die nur unter anstrengendem Klettern überschritten werden können. Der Gipfel ist häufig in Wolken gehüllt. Nach der Ostseite zu öffnen sich die Wände zu einem flachen Tal, in dem ein schmaler Fußpfad emporsteigt zu einer kleinen Kapelle, die den höchsten Punkt des Berges krönt. Folgen wir ihm, so befinden wir uns bald in einem tief eingeschnittenen Tälchen mit steilen Wänden, dessen Boden im Frühling eine üppige Vegetation entwickelt. Man kann sich kaum etwas Überraschenderes denken als diesen unvermittelten Übergang: draussen die kreideweiße, vegetationslose Steppe, in der die Luft zittert unter den glühenden Sonnenstrahlen, hier drinnen ein Alpental mit grünen Matten. (Abbild. 37.)

Nur noch einmal, freilich auf ganz anderem, auf künstlerischem Gebiet, begegnete mir in dieser Steppe ein gleich starker Kontrast. In der Südostecke des Beckens von Guadix liegt das kleine Städtchen Calahorra. Es wird beherrscht von einem trotzigen Schloß, einem schmucklosen, massiven Mauerviereck, flankiert von vier gewaltigen, runden Türmen, ohne Andeutung irgend eines besonderen Stiles. Tritt man in dieses Schloß ein, so ist man alsbald umgeben von herrlichen, reichen Formen italienischer Frührenaissance, die man in diesem weltverlassenen Winkel, wo die Ruinen maurischer Wachttürme und Be-

wässerungsanlagen die einzigen Reste alter Architektur sind, nie gesucht haben würde.

Mit der Einförmigkeit im geologischen Aufbau steht im vollen Einklang der botanische Charakter des Beckens von Guadix. Der weitaus größte Teil der Ebene ist eine Grassteppe. Eine einzige Grasart, das sogenannte Esparto-Gras (*Stipa tenacissima*), bedeckt hier in Millionen von einzelnen Büscheln den Boden, oft soweit das Auge reicht. Eine zusammenhängende Rasendecke bildet dieses Gras nie, stets tritt es nur büschelförmig auf. Die einzelnen Halme sind von der Größe und Stärke feiner Binsen, aber viel weicher, sodass die an der Erde eng geschlossenen Büschel sich nach oben hin helmbuschartig auseinanderlegen und so denselben Eindruck hervorrufen, wie gewisse Ziergräser in unseren Ampeln u. s. w. Aus der Ferne erscheint eine mit Esparto-Gras bestandene Bergwand wie mit Millionen dunkler Punkte und Tüpfeln übersät; denn wo irgend ein wenig Verwitterungsboden sich angesammelt hat, wo eine enge Spalte in einer harten Felsplatte den Tau vor der Verdunstung schützt, siedelt sich auch ein Büschel dieses genügsamen Grases an. Stundenweit ist es oft der einzige Vertreter der Pflanzenwelt. Nur selten gewähren größere Gesellschaften rötlich blühenden Thymians dem ermüdeten Auge eine angenehme Abwechslung. (Vergl. Abbild. 38, 42, 46 u. 47.)

Ganz kurz sei auf die oft geschilderte Wichtigkeit des Esparto-Grases hingewiesen. Hunderte von Gegenständen des täglichen Gebrauchs verstehen die Andalusier daraus anzufertigen: Siebe, Wagschalen, Maulkörbe, Stricke, Sättel, Matten, allerlei Körbe, namentlich zum Warentransport auf den Maultieren. Hin und wieder begegnet man ganzen Zügen von Maultieren, die fast verschwinden unter gewaltigen Grasballen. Sie bringen ihre Last nach den Hafenstädten am Mittelmeer; denn seitdem die Pflanze zur Papierfabrikation Verwendung gefunden hat, ist sie zu einem bedeutenden Ausfuhrartikel geworden.

Neben dieser auch dem ungeübten Blick des Laien sich sofort aufdrängenden Grasformation unterscheiden die Botaniker nach Willkomm noch eine Halophyten-Formation, die sich besonders in der salz- und gipsreichen Steppe von Baza ausbreitet, wenn auch hier das Esparto-Gras immer noch einen auffälligen Bestandteil der Vegetation ausmacht.

So gering die Ansprüche sind, welche das Esparto-Gras an Boden und Klima stellt, so finden sich doch noch häufig genug ausgedehnte Flächen, auf welchen selbst diese genügsame Pflanze nicht mehr zu existieren vermag. Hier wird der Boden von harten Konglomerat-Brocken gebildet, oder er ist übergossen mit dicken Kalksinterkrusten,

die jeglichen Pflanzenwuchs verhindern. Von diesen öden, nackten Steinplatten prallen die Sonnenstrahlen empfindlich zurück. Die Luft ist in beständiger zitternder Bewegung, und Luftspiegelungen, die dem Wanderer einen weiten See in der Ferne vortäuschen, sind alltägliche Erscheinungen.

Zum Gebiet der Steppenflora gehört auch der Fuß der die Ebene umgebenden Gebirgsketten, doch bald stellen sich hier kleine lichte Gehölze oder Gebüsche von Eichen und Pinusarten ein, die sofort der Landschaft einen gänzlich anderen Charakter verleihen. (Abbild. 47.)

Im schärfsten Gegensatz zur Steppe stehen die fruchtbaren Auen der Haupttäler, die Vegas, Hoyas, Huertas, wie die spanischen Namen für diese Gartenlandschaften heißen, in denen die beiden Hauptstädte Guadix und Baza liegen. Pappeln und Weiden umsäumen hier die Fluszufer, und intensive Feld- und Gartenwirtschaft zaubert unter dem Einfluß ausgedehnter künstlicher Bewässerung lachende Bilder üppiger Fruchtbarkeit mitten in die trostlose Steppe. Von eigentlichen Südfrüchten reift allerdings nur die Olive, die in ausgedehnten Plantagen gezogen wird. Für Orangen und andere südliche Gewächse ist das Klima infolge der bedeutenden Meereshöhe von über 1000 m schon zu rauh. Als eine Neuerung in dieser uralten, von den Arabern durch künstliche Bewässerung bereits zu hoher Blüte gebrachten Bodenkultur ist der Anbau der Zuckerrübe zu erwähnen. Bei Baza wie in Guadix wurde vor wenigen Jahren je eine Zuckerfabrik gegründet. Zwar hat die letztere den Betrieb bald wieder eingestellt, doch lag dies nicht an der Ungunst der natürlichen Verhältnisse. Die Chemiker waren vielmehr des Lobes voll über die Qualität der Rüben, die durchschnittlich einen Zuckergehalt besaßen, wie er in Deutschland nur in den besten Jahren erzielt wird.

Immer und immer wieder aber wird man auch in der fruchtbaren Vega daran erinnert, daß allein das Wasser die Wüste zum Garten umgewandelt hat, und bedeutungsvoll nennt sich die Hauptstadt dieser lachenden Gefilde Guadix, d. i. Wadi asch, Wasser des Lebens.

Die Steppe von Guadix und Baza ist eine Ebene, die allseitig von hohen, oft schroffen Gebirgen umrandet wird. Ihre Gestalt ist ziemlich unregelmäßig. Wollte man schematisieren, so könnte man sie als ein Rechteck auffassen, dessen längere Seite sich von WSW nach ONO erstreckt. Die Länge dieses Rechteckes beträgt etwa 120 km, die Breite erreicht im Maximum 60 km. Im einzelnen erleidet diese schematische Figur jedoch mannigfache Abänderungen. Nur der nördliche Rand ist einigermaßen regelmäßig entwickelt. Er wird durch eine Reihe ostnordöstlich streichender Faltengebirge ge-

bildet, die durch das tiefe Durchbruchstal des Guadiana menor in eine kürzere Südwest- und eine gröfsere Nordosthälfte geteilt sind. Der erstere Abschnitt setzt sich hauptsächlich aus der Sierra de Lucena und der Sierra Mágina zusammen. An dem Aufbau der etwas komplizierter gestalteten Osthälfte dagegen nehmen die Sierra del Pozo, Sierra de Cazorla, Sierra de Segura und Sierra la Sagra teil.

Der Südwestrand der Ebene dagegen ist, wie namentlich die internationale geologische Karte von Europa klar erkennen läfst, aufgelöst in eine in scharfem Zickzack verlaufende Linie. Zwei Bergzüge, die Sierra del Añuar mit ihrem Sierra del Rayo benannten östlichsten Ausläufer und die Sierra Harana, springen hier als langgezogene, schmale und spitze Zungen tief in die Ebene hinein und erzeugen langgestreckte, schmale, talartige Einsenkungen, die wir nach den in ihnen liegenden gröfseren Flecken Guadahortuna, Moreda und Lapeza benennen. Den Abschluß des Südwestrandes bilden die Vorberge der Sierra Nevada.

Die Südostgrenze wird vor allem durch die Sierra de Baza unterbrochen, die sich als ein breiter Querriegel tief nach NNW in die Ebene hinein vorschiebt. Es wird dadurch zwischen der Sierra Nevada und der Sierra de Baza ein breiter Streifen der Ebene abgeschnürt, der sich weiterhin zu dem nach OSO gerichteten Tale verengt, in welchem der Rio de Almeria seinen Oberlauf hat. Die Sierra de Lucar und in ihrer Fortsetzung die Sierra de las Estancias bilden den Abschluß der Südostgrenze.

Die Nordostgrenze ist ähnlich dem Südwestrande gebaut; hier schiebt sich die Sierra de Periate oder Sierra de la Maria als trennender Keil in die breite Ebene hinein und löst sie in die schmalen Streifen der Ebenen von Huescar und Cullar auf.

Die landläufige Einteilung der Ebene in zwei Hälften, die man nach den beiden gröfsten Städten Guadix und Baza benennt, zeigt sich bei näherer Untersuchung als durchaus zutreffend. Eine genaue Prüfung des geologischen Aufbaues ergibt nämlich, dafs wir tatsächlich ein Doppelbecken vor uns haben. Die Grenze zwischen seinen beiden Hälften zieht sich vom Durchbruchstal des Guadiana menor nach der Ostseite der Sierra de Baza. Topographisch markiert sich diese Scheidung freilich nicht im geringsten. Die Ebene erscheint vielmehr völlig einheitlich, und erst durch die geologische Untersuchung werden wir auf die Bedeutung der genannten Linie aufmerksam. Nur die Verteilung der heutigen Flufssysteme könnte als morphologischer Charakter zur Trennung der beiden Becken benutzt werden.

Der gröfste Teil des Beckens von Guadix wird durch den Rio

Fardes entwässert. In der Sierra Harana entsprungen, durchfließt er anfangs das Becken in westöstlicher Richtung, biegt aber bald nach Nordosten um. Nachdem er in der Nähe des kleinen Fleckchens Benalua de Guadix den wasserreichen Rio de Guadix aufgenommen hat, strebt er in nordnordöstlicher Richtung in ziemlich gerader Linie dem Durchbruchstal des Guadiana menor zu. Von der Bevölkerung wird er auf dieser Strecke bald mit seinem alten Namen, bald als Rio de Guadix bezeichnet.

Der Rio de Guadix hat vor seiner Mündung in den Rio Fardes die zahlreichen kleinen Bäche gesammelt, welche von den Abhängen der Sierra Nevada kommen und das Marquesado de Cenet durchfließen. Das Wasser dieser Bäche speist ausgedehnte künstliche Bewässerungsanlagen. Ihre tiefeingerissenen Betten sind daher auch im wasserreichen Frühjahr oft leer, während die Wege auf der Hochebene nicht passiert werden können, weil man sie einfach als Bewässerungskanäle verwendet. Wenn im Sommer der Schnee an den Hängen und auf dem Kamm der Sierra Nevada vollständig geschmolzen ist, versiegen diese Bäche vielfach gänzlich.

Den nordöstlichen Teil des Beckens durchfließt der Rio de Baul; von der Sierra de Gor kommend, mündet er nach geradem, fast nördlich gerichtetem Lauf direkt in den Rio Grande. Ebenso werden diesem Fluß die Gewässer, welche vom Nordrande des Beckens und aus seiner Nordwestecke kommen, durch den Rio de Guadahortuna direkt zugeführt.

Alle Flüsse und Bäche entspringen entweder in den Randgebirgen oder an den quellenreichen Rändern des Beckens. Im Becken selbst gibt es kaum größere Quellen, die zahlreichen Bäche, welche nach den Karten hier ihren Ursprung nehmen, sind Ramblas, Trockenrisse, die gleich den arabischen Wadis nur in der Regenzeit mit Wasser gefüllt sind.

Das Becken von Baza entwässert der Rio Grande, der auch, namentlich in seinem Oberlauf, Rio Guardal genannt wird. Er entspringt in der Nähe von Huescar in der Sierra del Muerto und fließt anfänglich nach SSW. Etwa in der Mitte seines Laufes, bei Benamaurel, biegt er in beinahe reine Ostwestrichtung um. Sein Unterlauf teilt infolgedessen in Verbindung mit einem gleichfalls Ostwestrichtung einhaltenden Nebenfluß, dem Rio de Cullar, das Becken in eine Nord- und Südhälfte.

Die Nebenflüsse der Nordhälfte der Rio Guadalentin und Rio Castril, kommen tief aus den nördlichen Randgebirgen des Beckens. Der einzige größere Fluß der Südhälfte ist der Rio de Baza. Er ent-

springt auf der Grenze der Sierra de Baza gegen die Sierra de los Filabres.

In der Nähe des Zusammenflusses von Rio Fardes und Rio Grande biegt der jetzt schon sehr wasserreiche vereinigte Fluß nach Nordwesten um und durchquert als Guadiana menor in einem tief eingeschnittenen Durchbruchstal die breite Gebirgszone, welche das Becken im Norden begrenzt. Bald darauf mündet er in den Guadalquivir, der hier noch bei weitem nicht so wasserreich ist wie sein erster großer Nebenfluß, auch bis dahin einen kürzeren Weg als dieser zurückgelegt hat.

Fast die gesamten Wasser des Beckens von Guadix und Baza und seiner Randgebirge fließen also in weitem Laufe dem Atlantischen Ozean zu. Das benachbarte, in Luftlinie stellenweise kaum 50 km entfernte Mittelmeer erhält nur einen verschwindenden Bruchteil der ganzen Niederschläge des Beckens.

Volles Verständnis der oben beschriebenen komplizierten Grenzlinien können wir nur durch ein genaueres Eingehen auf die Tektonik des Beckens erlangen. Zu diesem Zweck aber müssen wir uns, wenn auch nur in großen Zügen, die geologische Entwicklung Andalusiens vergegenwärtigen.

Wie ein Blick auf eine gute topographische und mehr noch auf eine geologische Karte zeigt, zerfällt das südliche Spanien in zwei, bzw. drei Teile, in die Meseta und in das Andalusische Faltenland, zwischen welche die Tiefebene des Guadalquivir eingesenkt ist.

Zwischen der Meseta und dem Andalusischen Faltenland herrschen in jeder Beziehung die größtmöglichen Gegensätze. Die Meseta ist eine Ebene mit flachen, welligen Bergen, das Andalusische Faltenland dagegen ein System von Faltenzügen, die sich oft schroff und wild bis zu dem zweithöchsten Gebirge Europas erheben. Die Meseta bauen hauptsächlich alte Formationen auf; das Andalusische Faltenland zeigt außerdem das ganze Mesozoicum. Die Schichten der Meseta streichen hauptsächlich von NW nach SO, die des andalusischen Systems beinahe rechtwinklig hierzu. Diese großen Verschiedenheiten sind dadurch bedingt, daß beide Gebiete sich seit langer Zeit vollständig selbständig und unabhängig voneinander entwickelt haben.

Den Sockel der gesamten Iberischen Halbinsel bilden Glieder des Archaicums und die gesamte Folge der paläozoischen Formationen bis zum Karbon. Diese Schichten wurden gegen das Ende der Karbonzeit durch einen von NO nach SW wirkenden Tangentialschub zu einem Faltengebirge zusammengestaucht, dessen Falten in den für uns hier in Betracht kommenden mittleren und südlichen Teilen der Iberischen

Halbinsel im großen und ganzen von NW nach SO streichen und nach Westen überkippt sind. Dieses alte Hochgebirge wurde später zum größten Teil vernichtet, vielleicht durch das Triasmeer, und zu einem Rumpfgebirge abradirt. Einen Teil der alten ebenen Oberfläche sehen wir heute, wenn auch durch die Wirkung der Erosion leicht modelliert, noch in der spanischen Meseta vor uns. An einer gewaltigen Spalte sank der südliche, bis weit nach Afrika hineinreichende Teil jenes Rumpfgebirges in die Tiefe. Dieser Sprung, längs dessen sich später der Guadalquivir seinen Lauf gesucht hat, streicht von WNW nach OSO. Über 400 km weit, ist er heute noch direkt sichtbar, erstreckt sich aber wahrscheinlich durch die ganze Iberische Halbinsel und noch weit in das Mittelländische Meer hinein. Messerscharf schneidet er die paläozoischen Formationen der Meseta ab und bildet so eine der markantesten Erscheinungen der spanischen geologischen Karte. Auf der abgesunkenen Scholle lagerten sich Trias, Jura und Kreide ab, bis am Ende der Kreidezeit eine neue tektonische Periode begann, die das ganze Tertiär hindurch andauerte. Diesmal wirkte der Tangentialschub von SO auf die abgesunkene Scholle. Die eben erwähnte große Sprungwand der Meseta bildete das Widerlager, so daß der Tangentialschub die Meseta selbst nicht mehr beeinflussen konnte. Die abgesunkene Scholle dagegen wurde zu einem im allgemeinen von SW nach NO streichenden Faltengebirge, dem andalusischen Faltenystem, zusammengestaucht.

In diesem unterschied zuerst Macpherson zwei Hauptzüge, die Bätische und die Penibätische Kordillere. Nach Fischer¹⁾, welcher selbständig zu der gleichen Einteilung gekommen ist und zugleich durch kritische Darlegungen Klarheit in die vielfach von den Autoren in ganz verschiedenem Sinne gebrauchten Bezeichnungen bätisch und penibätisch gebracht hat, nennen wir diese beiden Hauptzüge das andalusische Äquatorialsystem und das Diagonalsystem.

Das andalusische Äquatorialsystem bildet den inneren, nach dem Meere zu gelegenen Flügel. Wie der Name sagt, streichen seine Ketten der Hauptsache nach von West nach Ost. Das andalusische Diagonalsystem dagegen bildet den äußeren Bogen mit einem Hauptstreichen der Ketten von WSW nach OSO, das jedoch im einzelnen bedeutender schwankt als das Streichen des Äquatorialsystems. Die Ketten des Äquatorialsystems werden vorherrschend von archaischen und paläozoischen Schichten aufgebaut, die des Diagonalsystems fast

¹⁾ Versuch einer wissenschaftl. Orographie der Iberischen Halbinsel. Petermanns Mitteilungen 1894, S. 281 u. f.

ausschließlich vom Mesozoicum. Ein System von streichenden Verwerfungen und Kesselbrüchen, die sich zu einer ausgesprochenen Längsfurche aneinanderreihen, schiebt sich als eine breite Grenzregion zwischen die beiden Faltsysteme. Diese Kesselbrüche beginnen im Westen mit dem kleinsten Becken, dem von Ronda. Nach Osten folgen dann, an Größe schnell zunehmend, die Becken von Antequerra, Granada, Guadix und Baza, bis die Längsfurche mit den grabenartigen Brüchen von Lorca und Murcia abschließt.

Naturgemäß entfernen sich die beiden Faltsysteme nach Osten zu immer weiter voneinander. Die Längsfurche wird immer breiter, doch nicht in dem Maß, wie es zu erwarten ist, wenn man die Streichrichtung der Faltsysteme allein in Betracht zieht. Die Glieder des inneren Bogens bilden nämlich nicht ein einheitlich von West nach Ost gerichtetes System. Sie springen vielmehr wiederholt nach Norden zu staffelförmig vor, oder es lagern sich hier Parallelzüge vor die ursprünglichen Ketten. Diese Veränderungen in der Breite des äquatorialen Zuges sind an große von WNW nach OSO verlaufende Querstörungen gebunden, von denen die Arbeiten der französischen Kommission zur Untersuchung des andalusischen Erdbebens vom Jahre 1885¹⁾ zuerst drei große Sprünge erwähnen, die nach den Städten Malaga, Motril und Guadix genannt werden. Diese Quersprünge treten sehr zahlreich auf. Sie besitzen, wie wir weiterhin sehen werden, eine große Bedeutung für die Entstehung der Kesselbrüche in der andalusischen Längsfurche.

Im einzelnen erleidet dieses Schema jedoch mannigfache Abänderungen. Das andalusische Faltsystem ist kein Faltengebirge von modellartiger Klarheit. - Wenn wir die Karte genau prüfen, so finden wir überall Stellen, die sich keineswegs einfach durch Faltungsprozesse allein erklären lassen. Namentlich der westliche Abschnitt ist ungemein kompliziert gebaut. Diese Unregelmäßigkeiten werden durch dieselbe Ursache bedingt, die auch zur Entstehung jener großen Kesselbrüche geführt hat.

Als gegen das Ende der Kreideperiode der Tangentialschub einsetzte, traf er eine Scholle von doppeltem Gefüge. Zu unterst lag ein Sockel abradierter Falten mit Südost—Nordwest-Streichen der steil aufgerichteten Schichten; darüber waren schwebend gelagert die Schichten des Mesozoicums. Ein so kompliziert gebautes Gebiet mußte auf den Horizontalschub natürlich ganz anders reagieren als eine einfache schwebend gelagerte Platte. Eine solche würde zu einem

¹⁾ Bertrand et Kilian, Mission d'Andalousie. Études sur les terrains secondaires et tertiaires dans les provinces de Grenade et de Malaga. Memoires de l'Academie XXX.

regelmäßigen Faltengebirge zusammengestaucht worden sein. Die steil einfallenden Platten des Sockels dagegen konnten unter dem Tangentialschub nicht nach oben ausweichen. Sie mußten vielmehr rechts oder links senkrecht zu ihrer Längsachse und zu dem in der gleichen Richtung wirkenden gebirgsbildenden Schub ausbiegen. Es entstand also ein Faltenystem, dessen Faltenachse dem Einfallen der Schichten jenes alten archaischen und paläozoischen Rumpfgebirges parallel war. Die Oberkante dieser Platten hob sich dabei an den Stellen, an welchen sich eine Antiklinale bildete, und senkte sich bei einer Synklinale. An diesem Aufwölben und Einsenken der Oberkante der einzelnen alten Gesteinsplatten mußte auch die schwebend darüber gelagerte mesozoische Platte teilnehmen. So entstand in dieser gleichfalls ein Faltenystem, dessen Antiklinalen und Synklinalen mit jenen des aufgerichteten Sockels korrespondieren, aber rechtwinklig zu dem Streichen der alten Gesteinsplatten verlaufen. Ob diese Platte, wie nicht unwahrscheinlich ist, daneben auch noch eigene selbständige Faltungsbewegungen ausführte, muß hier unentschieden bleiben.

Der regelmäßige Verlauf des geschilderten Faltungsprozesses wurde jedoch vielfach beeinflusst durch die zahlreichen Verschiedenheiten im Einfallen, in der Mächtigkeit und in der Gesteinsbeschaffenheit der alten Schichten. Noch grössere Abweichungen aber entstanden dadurch, daß das alte Rumpfgebirge bereits bei seiner Aufrichtung von zahlreichen Störungen betroffen worden war, von denen namentlich die streichenden, also im allgemeinen von NW nach SO verlaufenden, für unsere Betrachtung wichtig sind. Unter dem Horizontalschub der jüngeren tektonischen Periode rissen diese alten Sprünge wieder auf; an ihnen fanden neue Verschiebungen statt, und zugleich war durch diese Lockerung des Gefüges Gelegenheit zu seitlichem Ausweichen und Ausbiegen der Schichten gegeben. Hierdurch entstanden jene wiederholt erwähnten Kesselbrüche. Die wieder aufgerissenen alten streichenden Verwerfungen aber bilden einen Teil der großen Querverwerfungen des heutigen andalusischen Faltenystems. Sie sind also allein für die mesozoische Platte als echte Querbrüche aufzufassen; für den archaischen und paläozoischen Sockel dagegen haben sie nur die Bedeutung alter streichender Störungen. Daneben entstanden aber auch Sprünge senkrecht zur Druckrichtung, also streichende Sprünge im Sinne des andalusischen Faltenystems, sowie senkrecht hierzu gerichtete Sprünge, also junge Querverwerfungen. Diese streichen durchweg steiler als die alten Quersprünge, im allgemeinen von NW—SO bis NNW SSO.

Wenn auch der geschilderte Prozess im großen und ganzen ein

einheitliches Resultat, die Ausbildung der beiden durchgehenden Systeme ergeben hat, so haben sich doch allem Anschein nach dabei die einzelnen durch die (wohl meist alten) Querstörungen abgeschnittenen Komplexe selbständig und unabhängig voneinander gefaltet. Auf diese Weise sind die zahlreichen Abweichungen von dem allgemeinen Schema entstanden.

So schneidet der alte Querbruch von Malaga von dem andalusischen Fältensystem ein mächtiges, in sich geschlossenes Stück ab, gewissermaßen den Griff des sich nach Osten hin sperrenden Fächers. Im Westen gleichfalls durch eine Querstörung von der sich bis zur Meerenge hinziehenden eocänen Hügellandschaft abgeschnitten, hat dieser Komplex ungefähr quadratische Gestalt. Deutlich ausgesprochenen äquatorialen Charakter besitzt von seinen Bergketten nur die Sierra de Mijas. Die anderen Züge haben entweder die Richtung des Diagonalsystems oder laufen wie der gröfsere Teil noch weit steiler in der reinen Südwest-Nordostrichtung. Die Längsfurche zwischen dem äquatorialen und diagonalen System fehlt in diesem Abschnitt. Dagegen tritt etwas weiter im Norden, bei Ronda, eine kesselartige Vertiefung auf, die wahrscheinlich den anderen Becken entspricht, hier aber in diagonal streichende Ketten eingesenkt ist. Die Ursache dieser Abweichung ist in der Umbiegung des gesamten Systems nach Süden, nach dem jenseits der Strafsse von Gibraltar beginnenden afrikanischen Bogen zu suchen.

Der zweite Abschnitt wird im Westen zunächst durch den schon erwähnten Querbruch von Malaga begrenzt, sodann durch einen der jüngeren Querbrüche, welcher sich in der ungefähren Nordwest-Südostrichtung von Osuna über Campillos nach Alora hinzieht. Die östliche Grenzlinie ist ein diesem paralleler Sprung, der etwa von Lucana nach Vélez Málaga zu verläuft. In diesem Abschnitt gelangt, wie ein Blick auf die geologische Karte lehrt, vor allem das Äquatorialsystem gut zur Entwicklung. Den südlichsten, sich genau von West nach Ost erstreckenden Zug bilden die silurischen Montes de Málaga mit ihren namentlich nach Westen hin verschiedene Namen tragenden Fortsetzungen. Parallel mit ihm zieht im Norden ein schmaler Jurazug hin, die Sierra de Abdalejis, Sierra de Fuenfria, Sierra del Torcal, Sierra de las Cabras, Sierra del Saucedo. Im Norden ist dieser Kette wieder der gleichfalls schmale Triaszug der Sierra de Antequerra vorgelagert, welcher jedoch westlich von dieser Stadt bereits zur Diagonalrichtung übergeht. Die Glieder des nun folgenden Diagonalsystems sind wenig ausgebildet; den größten Teil des ihnen zukommenden Raumes nimmt der Kessel von Antequerra ein, welcher einen sehr komplizierten Bau besitzt. Nur im Westen bilden die Sierra de los Caballos und ihre

nördlichen Parallelketten deutlich entwickelte Glieder des Diagonalsystems.

Der nunmehr folgende Hauptabschnitt wird im Osten durch eine Linie begrenzt, die etwa von Martos bei Jaén nach Granada zu verläuft. Sowie sie den Rand des Beckens von Granada erreicht, springt sie nach Osten vor und streicht immer in der gleichen Nordwest-Südost-richtung an der Sierra Harana hin. An den Vorbergen der Sierra Nevada wendet sie sich wieder nach Westen zurück und zieht sich dann mannigfach gebrochen bis nach Motril. In diesem Abschnitt sind beide Faltensysteme voll und typisch entwickelt, scharf getrennt durch das große Becken von Granada. Das Äquatorialsystem beginnt im Westen mit der Sierra de Almijara. Ihrem Westende ist die Sierra de Alhama vorgelagert, ein unbedeutender, aus der Richtung fallender Zug. Beide enden im Osten am Tale des Rio Guadalfeo. Das sehr breite Diagonalsystem weist in allen seinen Gliedern ausgesprochene Südwest-Nordost-richtung auf. Die Zahl der Faltenzüge ist ziemlich groß, das ganze System überhaupt kompliziert und unregelmäßig gebaut, wie schon das Auftreten verschiedener kleiner beckenartiger Einsenkungen innerhalb dieser Faltenzüge andeutet.

Die Ostgrenze des vierten Abschnittes wird zunächst von dem Quertal des Guadiana menor gebildet. Sie setzt sich dann in der durch dieses Tal angezeigten Südost-richtung weiter fort, die Sierra de Baza streifend, bis in die Sierra de los Filabres. An einer streichenden Verwerfung springt sie nach Südwesten um und strebt, anfänglich im Tale des Rio de Almeria, dem Capo de Gata zu.

In diesem sehr regelmäßig entwickelten Abschnitt werden beide Faltensysteme durch das Becken von Guadix getrennt. Das Äquatorialsystem beginnt am linken Ufer des Rio Guadalfeo mit den Sierren von Contraviesa und Gador, welche als Fortsetzung der Sierra de Almijara sich in der gleichen genauen West-Ost-richtung bis an den Rio de Almeria erstrecken. Ihnen ist nach Norden als Parallelzug die mächtigste Antiklinale des ganzen Systems, die Sierra Nevada, vorgelagert. An der alten Querverwerfung von Almeria schneidet diese Falte gleich ihren südlichen Vorketten ab. Noch bevor sie ihr Ende erreicht hat, wird auch ihr im Norden eine Kette vorgelagert, die Sierren von Gorpun von Baza, welche bis an die Querverwerfung des Guadiana menor reichen. Das Diagonalsystem streicht in den beiden regelmäßig entwickelten Ketten der Sierra del Anuar und Sierra de Lucena von WSW nach ONO. Beide Faltensysteme sind zwischen den großen Becken von Granada und Guadix durch die Brücke der Sierra Harana

verbunden, eines im wesentlichen diagonal streichenden, schroffen und wilden Juragebirges.

Der nächste Abschnitt übertrifft an Gröfse abermals alle seine Vorgänger. Der Diagonalzug hat wieder ausgesprochene Südwest-Nordostrichtung, infolgedessen sich das ganze System nach Osten zu weit auseinanderlegt. Der hierdurch zwischen beiden Flügeln entstehende Zwischenraum wird durch Einschlebung von Äquatorialzügen ausgefüllt, sodass dieses System hier seine breiteste Entwicklung erreicht. Die östliche Grenze ist nicht so scharf entwickelt wie die bisherigen Linien. Tertiärablagerungen, die hier eine grofse Ausbreitung erlangen, verhüllen das tektonische Netz. Mit allen Ausläufern wird man diese Abteilung bis zum Mittellauf des Rio Segura rechnen können. Dem Äquatorialzuge wird bereits viel früher durch das Meer eine Grenze gesetzt. Seine bedeutendste Kette ist die Sierra de los Filabres, die durch eine deutliche Einschnürung abgetrennte Fortsetzung der Sierras de Baza und de Gor. Durch breite Längstäler von ihr geschieden, liegen im Süden noch die beiden kleineren Züge der Sierra de Alhama und Sierra Cabrera. Nach Norden zu ist ihr für den gröfsten Teil ihrer Erstreckung ein Doppelzug vorgelagert, der abermals in rechtem Winkel weit vorspringt, die Sierra de las Estancias und die Sierra de la Maria. Beide Züge weichen schon deutlich von der reinen Äquatorialrichtung ab. Sie bilden, ähnlich der Sierra Harana, die vermittelnde Brücke zwischen dem Äquatorialsystem und dem Diagonalsystem. Mit diesen Ketten erreicht das zusammenhängende Äquatorialsystem sein Ende an einer durch den Oberlauf des Rio Sangonera der Richtung nach bestimmten Linie. Jenseits liegt zunächst das Becken von Lorca. Die weiterhin sich bis zum Mittellauf des Segura anschließenden Züge tragen mehr Diagonalcharakter, sowohl hinsichtlich der Streichrichtung als auch des geologischen Aufbaues.

Die Züge des Diagonalsystems sind dagegen viel weiter nach Osten deutlich entwickelt, doch lassen sie in der Richtung des oberen Sangonera gleichfalls eine tektonische Linie vermuten, die nach der grofsen Umbiegung des Guadalquivir verlaufen würde. Die westlich von dieser Linie liegende Abteilung des Diagonalsystems besteht aus den beiden Ketten der Sierra del Pozo-Alcon und Sierra de Cazorla, die vom Äquatorialsystem durch das Becken von Baza getrennt werden. Zwischen den Becken von Baza und Guadix besteht, wie schon früher erwähnt, keine topographisch ausgeprägte Trennungslinie.

Während in dem nächsten bis an den Segura reichenden Abschnitt wenigstens das Diagonalsystem noch klar entwickelt ist, löst sich jenseit des Flusses auch dieses in zahlreiche Einzelzüge auf. Zum

Äquatorialsystem könnte man dort höchstens kleinere paläozoische Ketten rechnen, die am Kap Palos enden. Durch die Überhandnahme der jüngeren Formationen wird hier die Tektonik sehr verhüllt. Dagegen weist der letzte Abschnitt, welcher von Rio Vinalpo bis zum Meer reicht, wieder geschlossene Ketten auf.

Das Becken von Guadix und Baza ist also ein Doppelbecken, dessen beide Abteilungen durch den von Nordwesten nach Südosten verlaufenden Querbruch des Guadiana menor getrennt sind, während sich von Südosten her die alte Querstörung von Almeria in das Becken hineinzieht.

Auffällig ist die Parallelität dieser Linien mit denen des Beckens von Granada. Auch hier zieht sich von Nordwesten von Alcalá la Real aus eine jüngere Querstörung wahrscheinlich tief in das Becken herein und führt so zu einer topographisch gleichfalls kaum angedeuteten Zweiteilung des Beckens. Den Südwesten begrenzt, diesmal etwas außerhalb der Grenze der Beckenformationen* gelegen, wiederum eine alte Querstörung, die von Motril. In beiden Becken ist es in der Nähe der jüngeren Querstörung zur Bildung eines Horstes gekommen, hier der Sierra d'Elvira, dort des Jabalcon. Im Becken von Granada wird die Südostgrenze dadurch gebildet, daß das Äquatorialsystem in beinahe rechtem Winkel nach Norden vorspringt, indem der ursprünglichen Kette eine zweite vorgelagert wird. Im Becken von Guadix und Baza ist die gleiche Begrenzung an jeder der Einzelabteilungen zu beobachten. An der Diagonalkette findet in beiden Becken eine Ablenkung des Schichtenstreichens zu beiden Seiten der jüngeren Querstörung statt.

Alle diese Parallelen stempeln die jüngere Querstörung des Guadiana menor zu einer für den Aufbau des Beckens von Guadix und Baza bedeutungsvollen Linie. Obwohl äußerlich ein Becken, haben sich die beiden Hälften doch selbständig entwickelt, namentlich in bezug auf die tektonischen Bewegungen. Das Becken von Guadix besitzt in der Nähe der Verwerfungsgrenze nur eine geringe Tiefe. Der Querriegel der Sierras de Gor und Baza zieht sich unter einer dünnen Decke junger Bildungen noch weit in das Becken hinein, sodaß tief eingerissene Ramblas oft den Untergrund enthüllen. In diesem Becken scheinen außerdem die Bewegungen, wie unten näher ausgeführt werden soll, weit länger als im Becken von Baza angehalten und eine Vertiefung seiner südlichen bis südwestlichen Teile bewirkt zu haben. Im Becken von Baza dagegen sind wohl die Bewegungen schon früher zum Stillstand gekommen, sodaß sich ein Becken von ziemlich gleichmäßiger

Tiefe mit völlig schwebender Lagerung auch der älteren Beckenformationen entwickeln konnte.

Nach der oben skizzierten tektonischen Entwicklung des ganzen andalusischen Systems ist das Becken von Guadix und Baza das Produkt komplizierter Faltungen und Sprünge. Infolgedessen läßt sich von den einzelnen Grenzlinien nie im voraus sagen, ob sie einem Faltenschenkel angehören, oder ob man es mit einer streichenden Verwerfung zu tun hat. Häufig ist beides der Fall. Noch schwieriger wird die Entscheidung dadurch, daß die Störungslinie oft etwas weiter innerhalb des Beckens liegt als die heutige durch den Kontakt der Randgebirge mit den Beckenformationen gebildete Beckengrenze und von diesen jüngeren Formationen verhüllt wird. Dies scheint mir vor allem für die Südgrenze des Beckens, für den Fuß der Sierra Nevada zu gelten. Nach der allgemeinen Auffassung ist dieses Gebirge eine Antiklinale. Die Glimmerschiefer, welche seinen Nordflügel bilden, schießen an vielen Stellen, an denen ich die Verhältnisse untersuchen konnte, ungestört unter die jüngeren Beckenformationen ein. Nur in der Nachbarschaft von La Calahorra, wo wahrscheinlich Triaskalke den archaischen Schichten in kleinen Kuppen vorgelagert sind, kann man deutliche Ostwestsprünge beobachten. Wenn auch diese selbst nicht einer großen Störungslinie angehören, so muß eine solche sich doch parallel zu ihnen am Fuße der Sierra hinziehen, an welcher noch in sehr junger Zeit ein Absinken der Beckenformationen erfolgt ist. Ob die alte Querstörung von Almeria, bzw. ein etwas südlicher verlaufender Parallelsprung diese eigentliche Grenze der Sierra Nevada bildet oder ob diese einem anderen Sprungsystem angehört, vermag ich nicht zu entscheiden.

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei manchen anderen Grenzlinien. Eine deutlich nachweisbare Querstörung begrenzt die Sierra de Gor im Südwesten. Ausgesprochene Verwerfungsgrenzen finden wir ferner bei der Sierra Harana, die wiederholt in scharfen Winkeln weit in das Becken vorspringt. Bei Diezma fällt dies Gebirge mit schroffen Wänden zur Ebene ab. Diese Steilabstürze, oft mit Harnischbildungen, sind bis nach Darro hin zu verfolgen. Nach Westen zu spricht schon das Einspringen des Gebirges in einem scharfen Winkel gleichfalls für das Auftreten einer Verwerfungsgrenze. Diese wird von einer Störung mit entschiedener Südwest-Nordostrichtung gebildet, besitzt also ein Streichen, wie es in den Grenzwällen des zu diesem Becken gehörigen Abschnittes des Diagonalsystems allgemein vorkommt.

Längsstörungen von ähnlicher Richtung begrenzen die Triasberge der Sierra de Gor, schon von weitem kenntlich durch Wasserführung

und infolgedessen Entwicklung von Vegetation in der sonst öden Gegend. Längsstörungen lassen sich auch am Jabalcon verfolgen. Auf ihnen dringen hier die Schwefelquellen des Baños de Zúgar empor. Früher entquollen hier wahrscheinlich stark kalkhaltige Gewässer, die zu ausgedehnten Sinter- und Tuffbildungen Veranlassung gegeben haben. Überhaupt ist der Quellenreichtum eine charakteristische Eigenschaft dieser Sprünge, wie im Becken von Guadix und Baza, so auch im Becken von Granada, wo ich diese Erscheinung namentlich in der Nordostecke in der Nähe von Alfacar beobachten konnte. Neben den in Südwest-Nordostrichtung verlaufenden Störungen treten auch solche mit Westsüdwest-Ostnordost-Richtung auf, ganz entsprechend den beiden Richtungen im Diagonalsystem.

Ob der nördliche Gebirgsrand des Doppelbeckens von Verwerfungen gebildet wird, konnte nicht näher untersucht werden.

Das Becken von Guadix ist, abgesehen von der völlig offenen Nordostseite, wo das den niedrigen Grenzwall bildende ältere Gebirge von jungen Bildungen verhüllt wird, allseitig von hohen Gebirgsmauern abgeschlossen. Nur in der Südostecke besitzt es einen grabenartigen Ausläufer, welcher sich in das Tal des Rio de Almeria fortsetzt und so eine Verbindung nach außen hin herstellt. Anders verhält sich das Becken von Baza. Nur die kurze Nord- und Südseite sind hier von einem geschlossenen Gebirgswall begrenzt. Im Ostrande dagegen finden sich drei breite Ausgänge. Der südlichste von ihnen ist der Grabenbruch von Purchena, durch welchen das Becken mit den Tertiärniederungen östlich und südlich der Sierra de los Filabres verbunden wird. Den zweiten nach Osten gerichteten Ausgang, flankiert von der Sierra de las Estancias im Süden und der Sierra de Periate im Norden, bildet das von diluvialen Ablagerungen erfüllte Tal des Rio Chirivel, der als Rio Velez die Verbindung mit den Becken von Lorca und weiterhin von Murcia herstellt. Der dritte Ausgang öffnet sich bei Huescar nach Norden zu. Teils graben- und beckenartige, teils talartige Einsenkungen stellen hier eine Verbindung mit dem Tale des Rio Segura her.

Die Literatur über die Stratigraphie des Beckens von Guadix und Baza ist sehr dürftig. Sehen wir von einzelnen älteren Arbeiten¹⁾ aus der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts und zerstreuten Notizen in Reisewerken u. s. w. (Schimper, Rossmäfsler, Willkomm) ab, so kommt

¹⁾ Silvertop, On the lacustrine Basins of Baza and Alhama in the province of Granada (Proceed. of the Geol. Soc. London 1830).

eigentlich nur v. Drasche, Geologische Skizze des Hochgebirgsteiles der Sierra Nevada in Spanien¹⁾ und Gonzalo y Tarin, Reseña física y geológica de la Provincia de Granada²⁾ in Betracht. Dagegen ist das leichter zugängliche, benachbarte Becken von Granada weit gründlicher erforscht worden. Vor allem ist die ausführliche Darstellung der geologischen Verhältnisse dieses Beckens durch Bertrand und Kilian hervorzuheben³⁾. Als letzte wertvolle Publikation auch für die Stratigraphie beider Becken ist endlich noch die im Jahre 1883 erschienene Mapa Geológico de España von Daniel de Cortázar (1 400 000) zu erwähnen.

Ein Vergleich dieser wenigen Arbeiten zeigt, daß die verschiedenen Autoren sehr abweichender Ansicht über das Alter der einzelnen Schichten und die Schichtenfolge sind. Dies wird niemand verwundern, der selbst erfahren hat, welche eingehende Kartierungsarbeit nötig ist, um eine auch nur einigermaßen richtige Auffassung des geologischen Aufbaues einer Gegend zu erlangen. Der Reisende muß sich dagegen auf die Aufnahme weniger Profile beschränken und ist bei der Wahl der Profillinien meist abhängig von den Verkehrsverhältnissen. Als zweite Schwierigkeit kommt in diesen Becken noch die gleiche oder sehr ähnliche petrographische Ausbildung der einzelnen Formationsglieder hinzu, sowie die Fossilarmut mächtiger Ablagerungen.

Die älteste Gliederung der Beckenformationen rührt von Silvertop her, der zuerst das Auftreten von Miocän nachwies und zugleich zeigte, daß im zentralen Teil des Beckens marine Kalke das Liegende bilden, auf welche ein Gips Horizont folgt, der seinerseits wieder von lakustren Bildungen überlagert wird. Diese Gliederung hat sich nicht nur für die von Silvertop untersuchten Stellen als richtig erwiesen, sondern durch spätere Beobachter ist ihre allgemeine Giltigkeit für die Becken von Granada und Baza festgestellt worden.

Von Drasche rechnet gleichfalls drei Horizonte dem Miocän zu: die Gipsformation, die von ihm neu aufgestellte Blockformation und den Horizont der Lithothamnien-Kalke. Daneben führt er einige neue stratigraphische Glieder ein: die Guadix-Formation und das Alhambra-Konglomerat, ohne sich bestimmt über deren Alter auszusprechen.

Gonzalo y Tarin unterscheidet 1882 im Becken von Granada nur zwei Formationen, Miocän, das nach ihm die grössere Südhälfte des Beckens

¹⁾ Jahrbuch der K. u. K. Geologischen Reichsanstalt. Wien 1879.

²⁾ Boletín de la Comisión del Mapa geológica de España. Tomo 8.

³⁾ Bertrand et Kilian, Mission d'Andalousie. Études sur les terrains secondaires et tertiaires dans les provinces de Grenade et de Malaga. Mémoires de l'Académie. Bd. XXX.

einnimmt, etwa von einer Linie an, die Loja mit Granada verbindet, und Postpliocän, in welchem Quartär und Alluvium ungetrennt in breitem Streifen den Rio Cubillas und Rio Genil begleiten. Innerhalb des Miocäns führt er teilweise die alte Silvertopsche Einteilung durch: mariner Kalk, Gipsformation, lakustre Bildungen, andererseits gibt er auch Profile, nach denen die lakustren Bildungen mit den marinen wechsellagern. So sollen bei Alhama marine Schichten innerhalb der lakustren liegen, während bei Escuzar und Venta del Fraile das umgekehrte Verhältnis festgestellt wird.

Im Becken von Guadix und Baza unterscheidet er neben Miocän, das nur an wenigen Stellen unter der Decke jüngerer Bildungen durch die Erosion bloßgelegt worden ist, Pliocän und Postpliocän. Das Pliocän erfüllt fast ausschließlich das Becken von Baza, während im Becken von Guadix das Quartär vorherrscht, welches demnach der Guadix-Formation v. Drasches entsprechen würde.

Eine speziellere Gliederung der Ablagerungen im Becken von Granada haben die Gelehrten der französischen Kommission zur Untersuchung des andalusischen Erdbebens vom Jahre 1885 gegeben. Vom Alluvium abgesehen, stellen sie alle Ablagerungen im Becken von Granada zum Miocän. Die ältesten Schichten beginnen nach ihnen mit dem Helvetien. Es bildet einen schmalen, nur fetzenweise erhaltenen Streifen am Westrand der Sierra Nevada, von Quentar bis Padul, tritt dann bei Padul, Agron und Albuniolas in verschiedenen isolierten Partien auf und ist schließlic noch im Westen des Beckens bei Alhama in etwas größerer Ausdehnung erschlossen. Darüber folgt die Stufe des Tortonien und Sarmatien. Dieses zieht sich in breitem Streifen am Nordrand des Beckens hin, von Loja bis Iznalloz. Durch die nach Westen vorspringenden Ausläufer der Sierra Harana und die Insel der Sierra Elvira eingeschnürt, biegt es nach Süden um, den Westrand der Sierra Nevada bis Tablate begleitend und in kleinen Inseln bei Orgiva und Ugijar auch an ihrem Südrande auftretend. Ihre größte Breite, fast ein Drittel des Beckendurchmessers, erreicht diese Stufe in der Umgebung von Granada.

Zusammen mit dem Helvetien entspricht es stratigraphisch ungefähr dem marinen Miocän bei Gonzalo y Tarin; doch umfaßt die kartographische Darstellung noch Gebiete, die bei diesem Autor zum Postpliocän und Alluvium gestellt sind, so den ganzen nördlich vom Genil liegenden Strich. Dagegen parallelisieren Bertrand und Kilian die Blockformation und das Alhambra-Konglomerat v. Drasches mit ihrem Tortonien.

Die gesamten Ablagerungen des Beckens von Guadix, also die

Guadix-Formation v. Drasches und das Postpliocän von Gonzalo y Tarin, fassen die französischen Gelehrten gleichfalls als Tortonien auf, ohne hierfür jedoch andere Beweise als die petrographische Ähnlichkeit zu erbringen.

Die jüngste der Miocänstufen, welche Bertrand und Kilian unterscheiden, das Messenien, entspricht der Gipsformation und den lakustren Bildungen früherer Autoren. Es nimmt das Zentrum und den Westen des Beckens ein und zwar so, daß die untere Stufe, die Gipsformation, sich über das ganze Gebiet ausbreitet, in der Nähe des West- und Südrandes aber von einem breiten Streifen der lakustren Schichten bedeckt wird.

Eine wesentlich andere Auffassung ist endlich in der Mapa geológico de España von D. Cortázar niedergelegt, der auch die internationale geologische Karte von Europa folgt. Hier werden sowohl im Becken von Granada wie in dem von Guadix und Baza drei Formationen unterschieden Miocän, Pliocän und Diluvium. Im Becken von Guadix und Baza ist dementsprechend die von Gonzalo y Tarin gegebene Darstellung im wesentlichen beibehalten. Vor allem wird also die von den französischen Forschern als Tortonien angesprochene Guadix-Formation wieder zum Diluvium gerechnet. Dagegen ist die geologische Gliederung im Becken von Granada wesentlich verschieden von der Auffassung, welche Gonzalo y Tarin früher vertrat. Das Miocän der Karte entspricht in der räumlichen Verbreitung dem Helvetien der französischen Geologen sowie einem Teil des Tortoniens; v. Drasches Blockformation gehört gleichfalls hierher. Das Pliocän umfaßt vor allem die Ablagerungen des Messenien der Franzosen, sowie das breite Tortonienband nördlich vom Genil von Loja bis zur Sierra Elvira. Ein schmaler Tortonienstreifen zu beiden Seiten des Genil, die weitere Umgebung von Granada bis an die Triasvorberge der Sierra Nevada, also vor allem das Alhambra-Konglomerat, werden als Diluvium bezeichnet, ebenso wie die nach Iznalloz hinaufziehende Tertiärbucht der französischen Karte.

Ein Vergleich dieser verschiedenen Auffassungen ergibt, daß, soweit das Becken von Granada in Frage kommt, hinsichtlich der Reihenfolge der einzelnen Schichten und ihrer räumlichen Ausbreitung im großen und ganzen Übereinstimmung herrscht und nur die Altersbestimmung verschieden ist. Über das Becken von Guadix und Baza dagegen gehen die Meinungen der Geologen in jeder Beziehung weit auseinander.

Die verschiedenen Ablagerungen sind im wesentlichen immer nur an einer Hälfte des Doppelbeckens entwickelt, während die in der anderen Hälfte nur untergeordnete Bedeutung erlangen. Es empfiehlt

sich deshalb eine getrennte Betrachtung der einzelnen Formationsglieder nach ihrer geographischen Verbreitung, wobei wir mit den Ablagerungen des Beckens von Baza beginnen.

Die ältesten, von Gonzalo y Tarin schlechthin als Miocän bezeichneten Ablagerungen gehören zum Helvetien. Obwohl sie heute im Becken selbst nur noch in spärlichen Resten nachzuweisen sind, be-rechtigt doch die Verbreitung dieser kleinen Fetzen im Becken, sowie der Vorkommnisse außerhalb des Beckens zu der Annahme, daß diese Schichten einst das ganze Becken erfüllten. Schon Silvertop erkannte, daß zur Miocänzeit ein breiter Meeresarm den Atlantischen Ozean über unser Gebiet hinweg mit dem damaligen Mittelmeer verband. Teilweise sind diese Miocänschichten später wieder zerstört worden. Zum größeren Teil aber mögen sie, verhüllt von jüngeren Formationen, noch eine weite Verbreitung im Becken besitzen.

Die wenigen Reste, welche aus dem Innern des eigentlichen Beckens bekannt sind, liegen in der Nähe der Verwerfungsgrenze des Beckens von Guadix gegen das Becken von Baza. Bei der bis in die jüngste Zeit anhaltenden selbständigen Bewegung des Beckens von Guadix sind sie wahrscheinlich etwas gehoben worden oder nicht so tief abgesunken wie andere Teile des Beckens. Infolgedessen gelangte nur eine dünne Decke von jüngeren Schichten über ihnen zur Ablagerung. Die erodierenden Wasser der Ramblas haben diese Decke heute bereits vollständig durchnagt und den älteren Untergrund angeschnitten. Gonzalo y Tarin führt eine ganze Reihe solcher Entblößungen des Untergrundes an, so am Rio Baul, ungefähr zwischen Gorafe und Freila, und an der Mündung der Rambla Seca in den Rio Grande. Von dort aus eine kurze Strecke flussabwärts gibt die Karte nochmals am Fuß der Sierra de la Matanza Miocän an. Der letzte Aufschluß findet sich an der Mündung des Rio de Montejicar, der hier die Grenze zwischen den Provinzen Granada und Jaen bildet, in den Rio Grande. Weiter nach dem Innern zu sollen Miocänreste noch bei Alicún und, durch den Rio de Guadix angeschnitten, nördlich von Fonelas vorhanden sein.

Auf der geologischen Karte von D. de Cortázar sind diese beiden Punkte sowie der Aufschluß am Rio Baul dem Pliocän zugerechnet und nur jene drei kleinen Vorkommnisse am Zusammenfluß des Rio Guadix und Rio Grande noch als Miocän bezeichnet. Es scheinen diese Schichten also immerhin doch so tief zu liegen, daß sie nur an den Stellen der tiefsten Erosion angeschnitten werden. Auch die ganz am Nordrande und teilweise schon außerhalb des Beckens gelegenen

Vorkommnisse, welche Gonzalo y Tarin in der Nähe von Almasiles angibt, fehlen auf der oben genannten Karte.

Von Versteinerungen fanden sich in den Aufschlüssen an der Rambla Seca. *Terebratula grandis*, *Pecten opercularis*, *Fanira Jacobaea*. Von diesen Arten ist *Pecten opercularis* durch die französischen Forscher gleichfalls im Helvetien des granadinischen Beckens nachgewiesen worden. Auch die petrographische Beschaffenheit widerspricht nicht dieser Formationsbestimmung.

In gröfserer Ausdehnung als in dem Doppelbecken selbst sind diese Schichten in jenem grabenartigen Ausläufer des Beckens von Baza entwickelt, welchen der Rio Almanzora durchfließt. Hier konnte ich diese Formation in der Nähe des malerisch gelegenen Städtchens Seron näher untersuchen. Von Baza aus gehen eine wohlgepflegte Chaussee sowie die Eisenbahnlinie Baza---Lorca---Murcia durch dieses Tal. Beide Anlagen haben vielfach prachtvolle künstliche Aufschlüsse geschaffen. Bald hinter Caniles erreicht man die ungefähr mit der Provinzgrenze zusammenfallende Wasserscheide. Nun fällt der Weg langsam, sich anfangs immer noch in den kreideweissen Ablagerungen der Steppe von Baza hinziehend, bis man ungefähr bei der Rambla de los Herrerías in den eigentlichen Graben eintritt.

Der tiefste Horizont, welcher bei Seron zu beobachten ist, wird von einem Konglomerat gebildet, das stellenweise bei stark zurücktretendem Bindemittel sehr an Blockpackung erinnert. Diese Schichten sind prachtvoll aufgeschlossen am Bahnhof von Seron, wenige hundert Schritt östlich vom Stationsgebäude. Das Material besteht fast ausschliesslich aus den Gesteinen der beiden den Graben flankierenden Sierras, also vor allem aus Glimmerschiefer. Es ist in Stücken von allen möglichen Dimensionen vorhanden, von Blöcken an, deren Volumen mehrere Kubikmeter beträgt, bis herab zu nufsgrößen rundlichen Geröllen und flachen Scheibchen, ja bis zum feinsten, wesentlich aus Glimmerschüppchen bestehenden Schlick. Daneben finden sich ziemlich häufig noch Quarzgerölle, welche den Kluftausfüllungen jener Gebirge entstammen. Gewinnt das feine, schlickartige Material, gemischt mit kleinen Schieferbröckchen, die Oberhand, so macht sich eine gewisse Parallelstruktur bemerklich, die jedoch nie sehr ausgeprägt ist, sich immer nur auf wenig mächtige Lagen beschränkt und gewöhnlich sehr bald wieder gestört wird durch gröfsere Blöcke. In der Regel liegen große und kleine Blöcke wirr und ordnungslos durcheinander; alle Fugen und Lücken zwischen ihnen werden von feinstem Schlick ausgefüllt.

Diese Konglomerate sind äußerst fest verkittet durch ein zum Teil kieseliges, zum Teil kalkiges Bindemittel. Oft tritt der Kalk auch

in Gestalt kleiner, rundlicher, 3 mm im Durchmesser haltender Konkretionen auf, die zu Tausenden das Gestein erfüllen und den betreffenden Schichten einen ganz bestimmten, leicht wiedererkennbaren Habitus verleihen. Häufig ein wenig abgerollt, können sie auf den ersten flüchtigen Blick die Anwesenheit von Bryozoen oder Bruchstücken kleiner Crinoidenstiele vortäuschen. Gewöhnlich sind sie strukturlos, doch läßt sich zuweilen eine konzentrische Anordnung der einzelnen Kalklagen erkennen.

Diese Kalkführung ist vielleicht erst einer nachträglichen Infiltration zuzuschreiben, die dann einsetzte, als die Flüsse die über- und vorgelegerten Kalkschichten anschnitten; vielleicht aber entstammt der Kalk auch den zahlreichen Fossilien, namentlich den Austernschalen, die sich massenhaft in diesen Schichten finden. Sehr häufig ist ferner *Clypeaster portentosus Des Moulins* in prachtvoll erhaltenen Exemplaren, die, leider vielfach angeschlagen, zu Dutzenden aus den Wänden der Weg- und Bahneinschnitte heraus schauen. Von anderen Arten wurden nachgesammelt¹⁾: *Anomia ephippium* L. var. *rugulosa-striata Brocchi*, *Pecten latissimus Brocchi*, *Pecten* cfr. *subbenedictus Fontannes*, *Pecten* cfr. *nimius Fontannes*, *Ostrea* cfr. *Hornesi Reuss*, *Ballanus concavus Bronn*.

Alle Versteinerungen sind durchweg wohlerhalten, nicht nur im feineren Material, sondern selbst zwischen den größten Blöcken. Trotzdem ist die Gewinnung guter Exemplare aus dem harten Konglomerat eine sehr mühsame und zeitraubende Arbeit, bei der viele Stücke zerbrechen.

Wie Fossilführung und petrographische Ausbildung dieser Schichten klar erkennen lassen, haben wir es hier mit einer Strandbildung zu tun. Die gewaltigen Blöcke des verhältnismäßig leicht zerreiblichen Glimmerschiefers können unmöglich weit transportiert worden sein, wofür auch ihre oft nur geringe Abrollung spricht. Das Abschleifen und Zerkleinern des übrigen Materials erfolgte in der Brandung. Zur Zeit der Bildung dieser Konglomerate ragten also bereits die Sierra de los Filabres und die Sierra de Lucar als Inseln aus dem Meere empor, zwischen denen das heutige Tal des Rio Almanzora einen Kanal bildete. Infolgedessen liegen die Konglomerate diskordant auf ihrer archaischen Unterlage. Sie selbst sind später wiederum gestört worden; bei Seron fallen sie jetzt mit 20-30° nach Süden ein.

An der Einmündung der Rambla von Seron in das Haupttal werden die Konglomerate diskordant überlagert von mergeligen Kalk-

¹⁾ Einige Bestimmungen verdanke ich der Freundlichkeit des Kgl. Kustos Herrn Dr. J. Böhm.

bänken, welche wieder ein zwar schwaches, aber deutliches Einfallen nach Süden zeigen. Petrographisch sind sie verschieden von den jüngeren Schichten des Beckens von Baza. Fossilien wurden nicht gefunden. Es muß daher unentschieden bleiben, ob dieser Horizont noch zum Helvetien gehört, oder ob er schon zum Tortonien zu ziehen ist.

Die Lagerungsverhältnisse des Helvetien sind also dieselben, wie sie auch sonst aus Andalusien bekannt sind. Bei diskordanter Auflagerung auf älteren Formationen sind die Schichten mehr oder minder stark gestört. Allerdings gewährt die Größe des Neigungswinkels keineswegs einen Anhalt über das Maß der Bewegung; finden sich doch Miocänschichten in schwebender Lagerung etwa 1000 m über dem heutigen Meeresspiegel. Das Hangende bilden stets diskordant aufgelagerte und wiederum gestörte Schichten. Jene oben skizzierten tektonischen Bewegungen, welche am Ende der Kreidezeit einsetzten, haben also nicht kontinuierlich stattgefunden, sondern zerfallen in verschiedene Perioden, deren energischste ihren Abschluß mit dem mittleren Miocän fand.

Der gesamten petrographischen Ausbildung nach stimmt das Konglomerat von Seron mit der „Blockformation“ überein, welche v. Drasche von den westlichen Abhängen der Sierra Nevada beschreibt. Ich konnte diese Ablagerung näher in der Umgebung von Granada untersuchen. Für die Übereinstimmung sprechen die große Mannigfaltigkeit in den Dimensionen der Gerölle, die geringe Abrollung der Blöcke, die Fossilführung auch der größten Konglomeratschichten und das Auftreten kleiner Austernbänke. Dagegen ist die petrographische Zusammensetzung der Blockformation eine etwas buntere, entsprechend der mannigfaltigeren Gesteinsentwicklung im Westen der Sierra Nevada.

Die große Poststraße von Granada nach Padul steigt in den ersten Wegstunden langsam, aber stetig aufwärts bis zu einer kleinen Höhe, die noch heute „el ultimo suspiro del moro“ (der letzte Seufzer des Mauren) heißt, weil von hier aus nach der Sage der unglückliche Boabdil auf der Flucht einen letzten Blick auf sein verlorenes Reich warf. Von diesem Punkt aus erscheint das weite Becken von Granada nach Osten zu umgeben von einem zweifachen Terrassenkranz. Darüber liegt stellenweise noch eine dritte, allerdings an der Oberfläche stark wellige Umrandung, und erst von dieser aus steigt die Landschaft steiler an. Die beiden ersten Terrassen gehören dem Alhambra-Konglomerat an, von welchem weiter unten die Rede sein wird, der oberste Kranz der miocänen Blockformation v. Drasches.

Am bequemsten kann man letztere studieren, wenn man von Granada aus den Genil aufwärts wandert. Anfänglich bestehen die Talwände aus horizontal gelagerten lockeren Schotterbänken, welche dem

Alhambra-Konglomerat entsprechen. Hinter dem ersten Orte wechselt die Szenerie. Die steilen Wände des stellenweise schluchtenartigen Tales werden von Ablagerungen gebildet, die teils an das Konglomerat von Seron, teils an die Blockpackung der großen norddeutschen Endmoränen erinnern. In wildem Chaos liegen viele Kubikmeter große Blöcke über- und durcheinander. Die Zwischenräume sind ausgefüllt mit kleineren Geröllen von allen möglichen Dimensionen; dagegen fehlt feineres Bindemittel fast völlig. Störungen sind sehr häufig, sodass die Schichten nach den verschiedensten Orten und Winkeln einfallen; schwebende Lagerung ist auf größere Strecken hin nicht zu beobachten. Weiter aufwärts an einem rechten Nebenfluss sind tonige Sande, Mergel und Letten in das Konglomerat eingelagert, wodurch eine mehr oder minder ausgeprägte Schichtung entsteht. Bruchstücke von Austernschalen finden sich in diesen Schichten nicht selten. Nach der Sierra Nevada, also nach dem Liegenden zu, scheinen die feinen Schichten an Mächtigkeit zuzunehmen, die Konglomerate treten zurück.

Die Gesteine, welche jene Ablagerungen bilden, stammen, ähnlich wie das Material der Seron-Konglomerate, alle aus nächster Nähe. Infolge des kurzen Transports sind sie meist nur unvollkommen abgerundet worden.

Trotz der oft täuschend an Blockpackung erinnernden Struktur des Konglomerats ist an einen Gletschertransport der Blöcke und damit an eine miocäne Eiszeit Andalusiens nicht zu denken. Wie die Fossilführung beweist, haben wir es vielmehr mit küstennahen Ablagerungen zu tun. Die Schotter, welche die Gewässer der damals schon als Insel aufragenden Sierra Nevada dem Meere zutragen, wurden mit den von der Brandung abgebrochenen Blöcken von den Wellen aufbereitet zu jenen wilden Konglomeratschichten. In der Nähe von Granada verbreitert sich der sonst schmale Streifen der Blockformation ziemlich bedeutend. Aus diesem Umstande schließt v. Drasche, dass schon in miocäner Zeit sich hier an Stelle des Genil ein Fluss ins Meer ergoss. Diese Annahme entbehrt wohl einer sicheren Begründung. Die zahlreichen Störungen können sehr wohl eine solche Verbreiterung des sonst schmäleren Konglomeratstreifens bedingen.

In die leicht erodierbaren Massen haben die Gewässer tiefe, wilde Täler eingeschnitten, deren senkrechte Wände häufig unterspült werden. Kleine Bergstürze sind daher in diesem Gebiet nicht selten. In prachtvollen Kaskaden fließen dann die Bäche über die abgestürzten Felsen dahin und tragen so dazu bei, dass sich dem Auge bei jeder Wendung des Tales ein neues fesselndes Bild bietet.

Auf dem Wege nach Motril erreichte ich die Blockformation

wieder bei Durcar, wo sie allerdings minder prachtvoll aufgeschlossen ist wie im Genil-Tal. Die Bänke sind nicht so stark gestört und meist deutlich geschichtet infolge der vielfachen Wechsellagerung zwischen dem Konglomerat und den oben erwähnten feineren, tonigen Ablagerungen. Während nach v. Drasche die Blockformation sich bis an die Triasvorberge der Sierra Nevada erstreckt, schieben Bertrand und Kilian zwischen die Blockformation und die archaischen Schichten der Sierra Nevada noch einen Streif der Molasseformation des Helvetien ein, welcher sich diskordant an das alte Gebirge legt und selbst wieder diskordant von den Schichten der Blockformation überlagert wird. Diese selbst stellen sie auf Grund des paläontologischen Befundes zu dem Tortonien.

Bei der durch die Zeit gebotenen Beschränkung konnte ich dieser Frage nicht näher nachgehen, zumal diese Formation für das Becken von Guadix selbst nicht weiter in Betracht kommt. Völlige Klarheit könnte bei den sehr stark gestörten Lagerungsverhältnissen nur durch Spezialkartierung gewonnen werden.

Dagegen kann ich einer anderen wichtigen Schlusfolgerung der französischen Geologen nicht beipflichten. Nach diesen Autoren sollen die Schichten der Blockformation nach Westen zu sich ohne jede Unterbrechung in das Alhambra-Konglomerat fortsetzen. Die Abweichungen in der petrographischen Ausbildung sind nach ihnen lediglich durch den Wechsel im Geröllmaterial bedingt. Das Alhambra-Konglomerat würde also zum Tortonien gehören. Eine sichere Entscheidung dieser Frage ist für uns von um so größerer Wichtigkeit, als Bertrand und Kilian, ähnlich wie v. Drasche, das Alhambra-Konglomerat mit der Guadix-Formation parallelisieren und diese demnach auch zum Tortonien stellen.

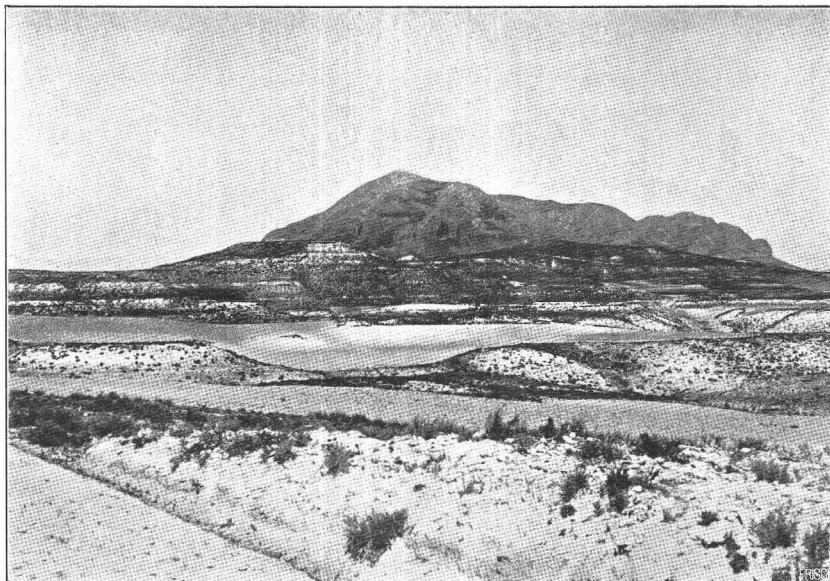
Es ist zunächst augenfällig, dafs zwischen dem Alhambra-Konglomerat und der Blockformation eine ganze Reihe von Verschiedenheiten bestehen. Während der letztere Horizont sich fast ausschließlich aus Gesteinen der ältesten Schichten der hohen Sierra Nevada aufbaut, entstammen viele Gerölle des Alhambra-Konglomerats den Kalken des Mesozoicums. Sie sind viel kleiner, gleichmäfsiger und besser abgerollt als die der Blockformation. Riesenblöcke mit einem Volumen von mehreren Kubikmetern, die dort häufig sind, fehlen hier vollständig. Die einzelnen Gerölle sind durch ein kalkiges, eisen-schüssiges Zement verkittet, dessen tiefrote, weithin sichtbare Farbe der alten Maurenresidenz den Namen Alhambra, „die rote“, gegeben hat.

Im Gegensatz zur stark gestörten Blockformation ist das Alhambra-Konglomerat weithin völlig schwebend gelagert. Nur nach seinem

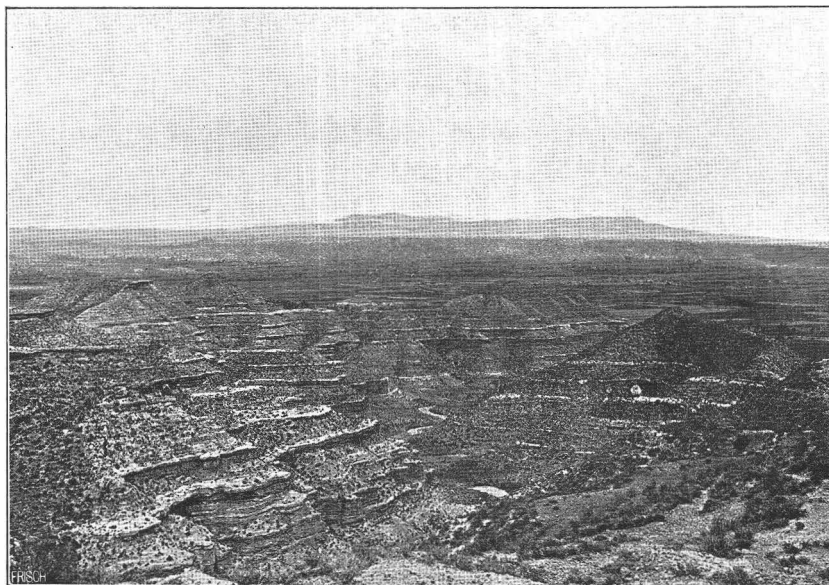
Rand zu sind geringe Störungen vorhanden, wie man auf dem Wege nach Alfacar beobachten kann. Es besteht also in dieser Beziehung vollständige Übereinstimmung mit der Guadix-Formation, deren Hauptmasse auch horizontal liegt, während nach dem Rande des Beckens hin vielfach Spalten auftreten. An diesen ist in der Nähe von Diezma eine kaum quadratkilometergroße Scholle abgesunken und schief gestellt, eine sehr auffällige Erscheinung in dem sonst nur horizontale Linien aufweisenden Landschaftsbild. Endlich kann auch die von v. Drasche angeführte Beobachtung bestätigt werden, daß die Blockformation unter das Alhambra-Konglomerat einschiefst. Bertrand und Kilian konnten diese Diskordanz auf den von ihnen eingeschlagenen Wegen nicht wieder auffinden, was vielleicht durch die stark gestörten Lagerungsverhältnisse der Blockformation eine Erklärung findet.

Gonzalo y Tarin, Bertrand und Kilian, sowie v. Drasche haben sämtlich das Alhambra-Konglomerat mit der Guadix-Formation parallelisiert. Nun liegt aber die Guadix-Formation, wie später gezeigt werden wird, sicher diskordant über den hangenden Schichten des Tortonien, über der „Gipsformation“ und den „lakustren Bildungen“, sodaß auch das Alhambra-Konglomerat bedeutend jünger sein mußte.

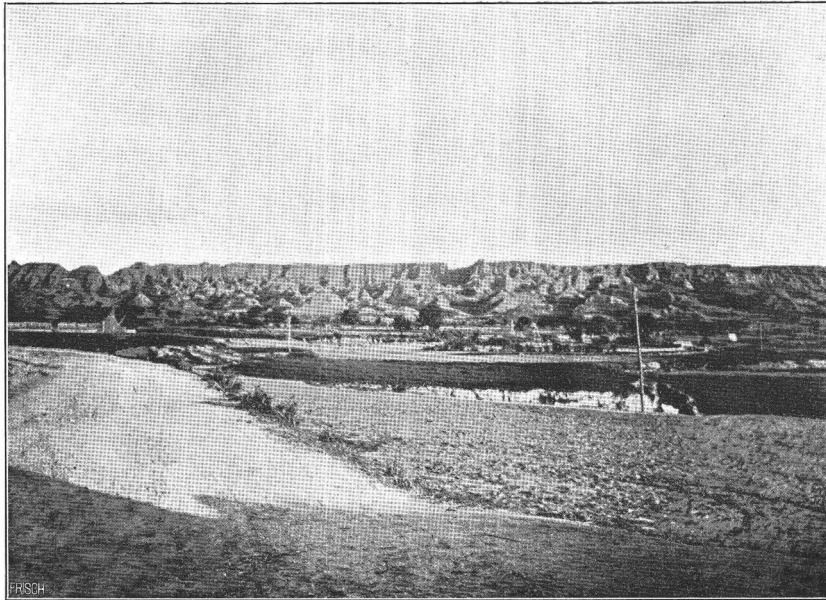
So verschieden das Alhambra-Konglomerat von der Blockformation ist, so ähnlich ist es gewissen miocänen Schichten, die ich im zentralen Spanien (Madrid, Aranjuez, Toledo) wie in Süd-Frankreich (Avignon) beobachtete. In der weiteren Umgebung von Madrid wird dieses weitverbreitete, nagelfluhartige Gestein überlagert von einem gipsführenden Horizont, auf den dann Süßwasserbildungen, namentlich Kalke, folgen, also genau dasselbe Profil, welches schon durch die älteren Autoren aus dem Becken von Granada bekannt ist. Über den von Bertrand und Kilian zum Tortonien gestellten Schichten liegen auch hier eine Gipsformation und darüber lakustre Bildungen, die beide von den französischen Autoren zum Messenien gerechnet werden. Sie parallelisieren infolgedessen überhaupt die Ablagerungen beider Becken miteinander; doch dürfte der petrographischen Ähnlichkeit des Alhambra-Konglomerates mit den in Zentral-Spanien und Süd-Frankreich weitverbreiteten ähnlichen Konglomeraten keine tiefere Bedeutung beizumessen sein. Paläontologische Funde sind aber bis jetzt im Alhambra-Konglomerat noch nicht gemacht worden.



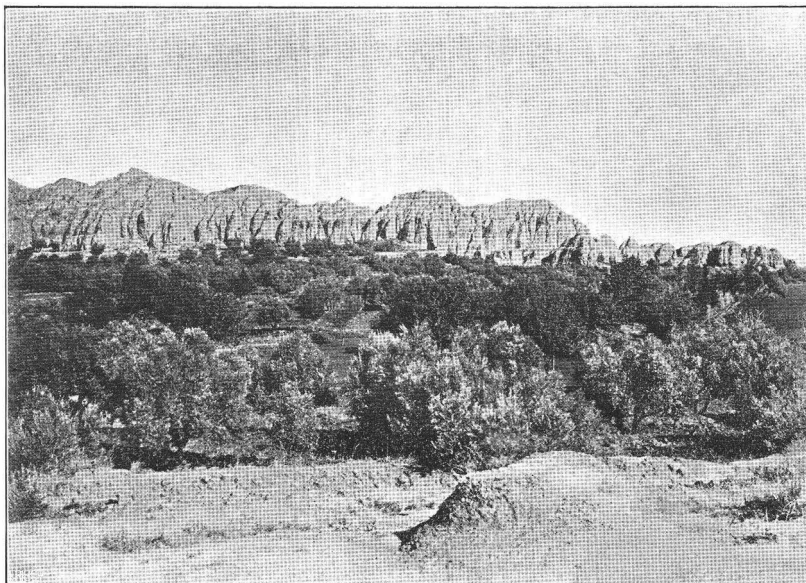
Abbild. 37. Ostseite des Jabalcon mit vorliegenden Terrassen.



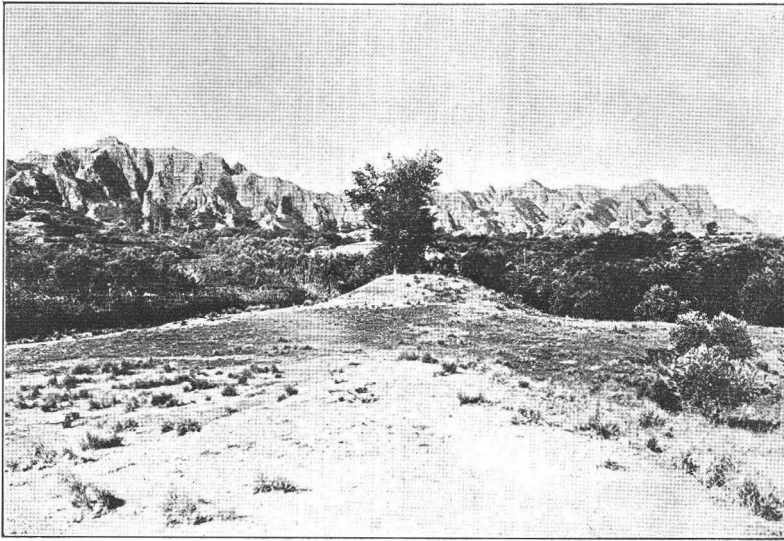
Abbild. 38. Erosionslandschaft am linken Ufer des Rio Fardes.



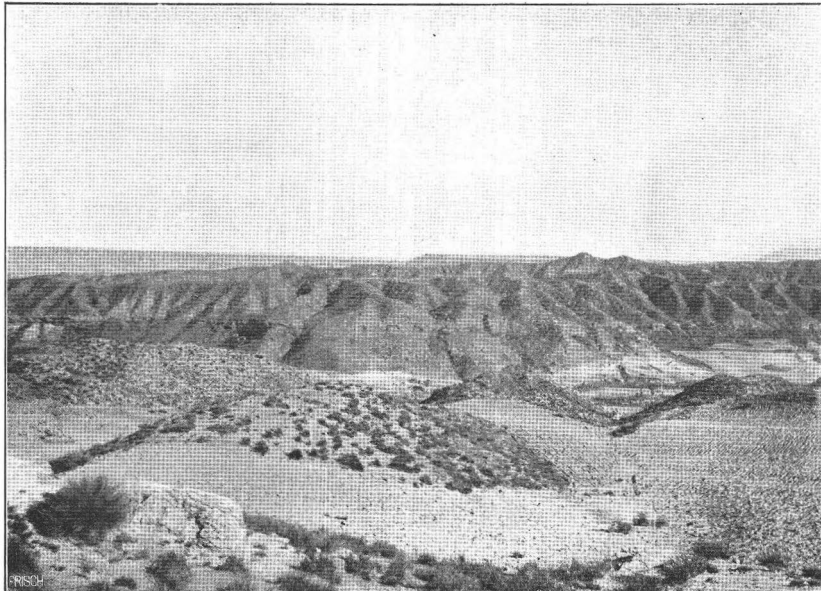
Abbild. 39. Erosionslandschaft südöstlich von Guadix.



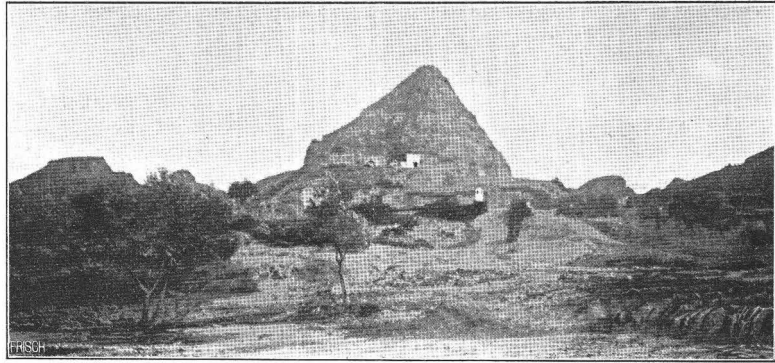
Abbild. 40. Erosionslandschaft südöstlich von Guadix.



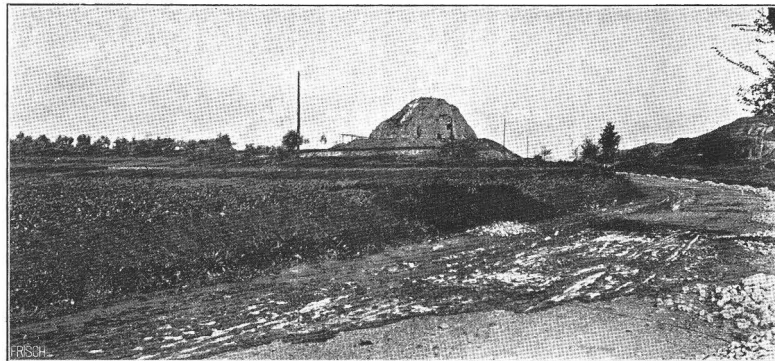
Abbild. 41. Erosionslandschaft südöstlich von Guadix.



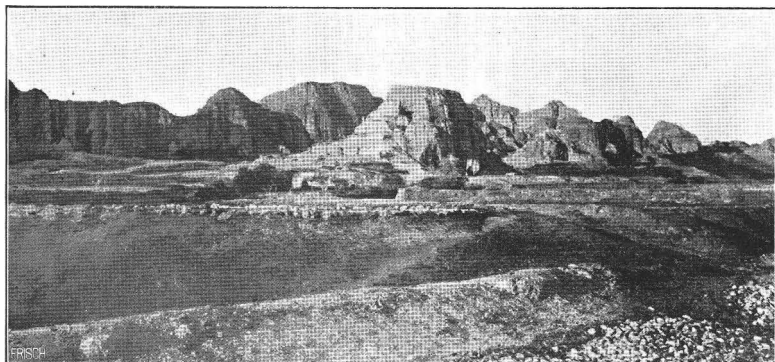
Abbild. 42. Erosionslandschaft bei Cortes y Graena.



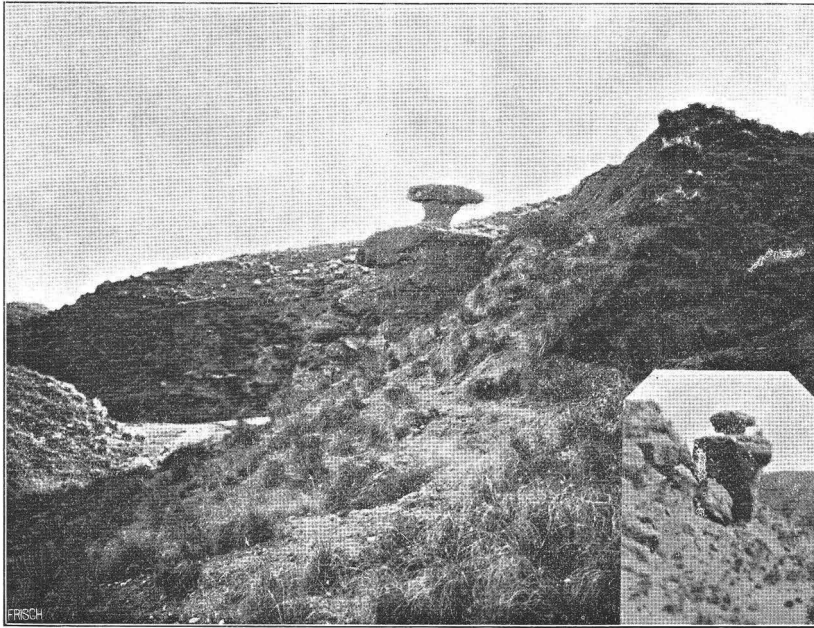
Abbild. 43. Zeugenberg bei Purullena.



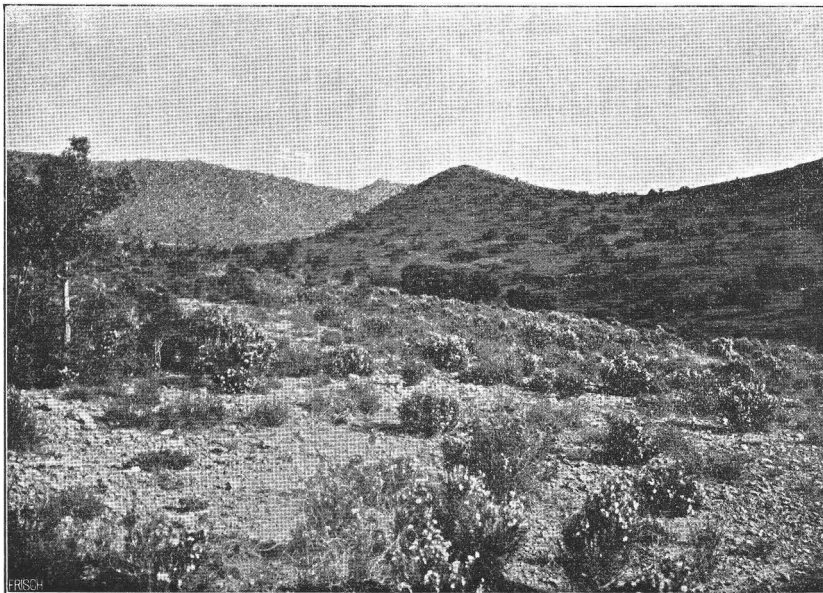
Abbild. 44. Zeugenberg bei Purullena.



Abbild. 45. Landschaft bei Purullena.



Abbild. 46. Gletschertischähnliche Felsen.
(Grassteppe.)



Abbild. 47. Vegetationsbild vom Gebirgsrand der Steppe.
(Sierra de Baza).

Das Becken von Guadix und Baza.*

Von Dr. L. Siegert in Berlin.

(Schluss.)

Über dem Seron-Konglomerat liegen diskordant die eigentlichen Beckenablagerungen von Baza, Verhältnisse, wie wir sie ganz ähnlich im Becken von Granada vorfinden, wo über dem Helvetien ein jüngerer Schichtenkomplex gleichfalls diskordant auftritt.

Dieser gliedert sich in beiden Becken in drei Stufen. Auf eine untere marine Ablagerung folgt ein mächtiger Horizont, charakterisiert durch das Auftreten zahlreicher Gipsbänke; den Abschluss bilden lakustre Schichten.

Von allen Ablagerungen innerhalb beider Becken sind die eben angeführten wohl am besten bekannt. Sie beschränken sich wesentlich auf das Becken von Baza. In der größeren Osthälfte desselben herrschen hauptsächlich die marinen, also tiefsten Ablagerungen vor, die kleinere Westhälfte umfaßt die Gipsformation und die lakustren Bildungen. Die Grenze beider Gebiete verläuft nach Gonzalo y Tarin von der Sierra de Periate nach Cortes, dann am Rio de Baza aufwärts, bis sie ihn zwischen Baza und Caniles überschreitet und an die Sierra de Baza stößt.

Tortonien.

Da die marinen Sedimente bereits aus dem Becken von Granada durch die französischen Forscher sehr gut bekannt sind, wurden sie nicht näher untersucht, zumal auch Gonzalo y Tarin ihnen schon eine ausführliche Darstellung gewidmet hat. Er rechnet sie zum Pliocän. Ihre geologischen Lagerungsverhältnisse, die Einschaltung zwischen dem Helvetien und der Gipsformation, lassen, zumal bei den sonstigen Ähnlichkeiten im geologischen Bau der beiden Becken von Granada und Guadix-Baza,

*) I. Teil des Berichts s. S. 528 ff. — Auf S. 548 oben ist an Stelle des Striches die Überschrift Helvetien zu setzen.

kaum einen Zweifel, daß diese Schichten mit den marinen Ablagerungen unter den Gipsen der zentralen Partien des Beckens von Granada zu parallelisieren sind, also nach den Bestimmungen von Bertrand und Kilian dem oberen Miocän, dem Tortonien bzw. Sarmatien angehören. In petrographischer Beziehung sind die einzelnen Formationsglieder im ganzen Becken von Baza einander sehr ähnlich. Abgesehen von den nach oben hin immer mächtiger werdenden Konglomeraten, wechselagern beständig Kalkmergel und Tone, deren Eintönigkeit durch die gleichmäßige rein weiße oder schwach gelbliche Farbe noch verstärkt wird.

Messenien.

Durch das Auftreten zahlreicher Gipslagen in den mittleren Partien der gesamten Beckenablagerungen wird ein leicht erkennbarer, scharf charakterisierter Horizont geschaffen, den man direkt als „Gipsformation“ bezeichnen kann. Zwischen Baza und Caniles ist sie in vielen Ramblas aufgeschlossen, und wiederholt konnte ich hier die Diskordanz zwischen ihr und den darunter liegenden marinen Schichten beobachten.

Ein charakteristisches Bild der Entwicklung der Gipsformation gewinnt man, wenn man von Baza aus die Hauptstraße nach Cullar de Baza verfolgt. Anfangs senkt sich der Weg nach dem Rio de Baza zu und durchquert die breite, fruchtbare Hoya de Baza. Sowie der andere Talrand erreicht ist, befindet man sich mitten in der Gipsformation, die namentlich flussabwärts gut zu verfolgen ist. Hunderte von Rawinen erschließen hier eine unendliche Wechselfolge von lichten Kalken, Mergeln, Konglomeraten und Gipslagern.

Der Gips ist sehr mannigfaltig entwickelt; es kommen dichte, faserige, geschichtete Lagen vor. Wohlausgebildete flache Kristalle von Hand- bis Papierbogengröße liegen oft vereinzelt in tonigen oder mergeligen Schichten oder sind lose hintereinandergereiht wie Perlen an der Schnur. Bald bildet der Gips Linsen, bald weithin aushaltende Bänke von sehr wechselnder Mächtigkeit. Von Fingerdicke an sind alle Stärken vertreten bis zu einem Maximum von 0,5 m. Die Lagerung ist meist schwebend. Jeden mächtigeren Horizont kristallisierten Gipses kann man von erhöhtem Standpunkt aus kilometerweit verfolgen durch das Blinken und Glitzern der in Millionen von Blättchen zerfallenden Kristalle, die gleich glänzenden Bändern die Abhänge in ein und derselben Höhenlage begleiten.

Sehr häufig sind in diesen Schichten Stauchungserscheinungen, die sich oft auf das Gipsband allein beschränken. Von allen diesen

Störungen, denen ebenso wie zahlreichen kleinen Verwerfungen meist nur lokale Bedeutung zukommt, gibt Gonzalo y Tarin eine ausführliche Beschreibung. Größere Störungen wurden nur in der Nähe des Jabalcon beobachtet. Im Westen dieses alten Horstes sieht man nicht selten die Schichten nach dem Berge zu einfallen, ein Beweis, daß die Bodenbewegungen in dieser Gegend später zum Stillstand gelangten als im übrigen Teil des Beckens, wo die Schichten allgemein schwebend liegen. Es haben sich auch in diesem Becken wie in denen von Guadix und von Granada längs gewisser Hauptstörungslinien Zonen herausgebildet, in welchen die Bewegung fort dauert, während die Nachbarschaft schon zur Ruhe gekommen ist. Längs solcher Linien finden auch heute noch Bewegungen statt, wie die furchtbaren Erdbeben beweisen, die Andalusien von Zeit zu Zeit heimsuchen.

Während die Gipsbänke nach oben zu immer vereinzelter und zuletzt nur noch als dünne Lagen auftreten, nehmen die Konglomerate an Häufigkeit und Mächtigkeit zu. Ihre Gerölle bestehen fast ausschließlich aus Juragesteinen, also einem Material, das aus nächster Nähe stammt.

Beim Aufstieg von Zugar nach dem Jabalcon durchschreitet man folgendes Profil: grüne Mergel, rötliche Mergel, weiße Kalksteine, Konglomerate von Jurageröllen, schwarze, tonige Kalke, Mergel mit Gipsbänken, mächtige Konglomerate, die ein Drittel des gesamten Profils einnehmen. Angenommen, daß die höchste beobachtete Gipsbank auch in Wirklichkeit dem letzten Gipshorizont entspricht, so würde die Gipsformation in der Umgebung von Baza in einer Mächtigkeit von weit über 100 m erschlossen sein.

Da die Gegend, in welcher die Gipsformation entwickelt ist, mit zu den sterilsten der ganzen Steppe gehört, so hat man öfters dem Gips die Hauptschuld an der Unfruchtbarkeit der Steppe zugeschrieben; doch zeigt sich namentlich in der Nähe von Zugar, daß bei reichlicher Bewässerung auch der Gipsboden reiche Ernte tragen kann. Schuld an der Unfruchtbarkeit ist das durchlässige, klüftige Gestein, das, durch Hunderte von Rawinen angeschnitten, durch die glühende Sonne bis zu beträchtlicher Tiefe erhitzt und jeder Feuchtigkeit beraubt wird.

Nicht selten stellen sich nach obenhin kleine Braunkohlenflöze ein. Auf dem Wege von Baza nach dem Jabalcon beobachtet man wiederholt solche Flözchen, oft unterlagert von einem dunklen Ton mit Pflanzenresten; doch sah ich hier kein Flöz, welches selbst bei dem großen Mangel an Heizmaterial in dieser Steppe lokale praktische Bedeutung hätte erlangen können, während an anderen Orten kleine Flöze ausgebeutet werden sollen.

Die Häufung der Gipshorizonte, die Ausbildung großer Kristalle, die häufige Wechsellagerung mit kalkigen und mergeligen Gesteinen weist gleich dem wiederholten Auftreten von *Melanopsa compressa* wohl auf Strandbildung hin mit zahlreichen Schwankungen des Meeresspiegels. Die letzte dauernde Erhebung leitete endlich die nächste Periode, die der lakustren Bildungen, ein. Diese negative Strandverschiebung ist für weite Strecken Andalusiens wie anderer Mittelmeergebiete nachgewiesen worden, doch hat sie in Andalusien eine ganz besondere Bedeutung. Während anderwärts auf die Gips- bzw. lakustren Bildungen abermals marine Ablagerungen folgen, ist diese Strandverschiebung in Andalusien die letzte geblieben. Alle jetzt folgenden Ablagerungen sind terrestrere Bildungen.

Diese bestehen im wesentlichen aus Kalken und Mergeln mit einer oft sehr individuenreichen, aber formenarmen Schneckenfauna. Sie stimmen vollständig mit den von Bertrand und Kilian aus dem Becken von Granada beschriebenen gleichalterigen Schichten überein und könnten in Anlehnung an die genannten Forscher wohl zum Messenien gestellt werden. Bei der Besprechung ähnlicher Schichten aus dem Becken von Guadix müssen wir jedoch auf diese Altersbestimmung nochmals zurückkommen.

Wesentlich anders bauen sich die Ablagerungen auf, welche das Becken von Guadix ausfüllen. Hier lassen sich nur zwei verschiedene Schichtenkomplexe unterscheiden, von denen wir den unteren nach dem Ort, an welchem er am besten entwickelt ist, Fonelas-Kalk nennen, während wir für die räumlich weitausgedehnteren hangenden Schichten den durch v. Drasche eingeführten Namen Guadix-Formation beibehalten.

Fonelas-Kalk.

Der kleine Flecken Fonelas liegt etwa 10 km flussabwärts von der Mündung des Rio Guadix in den Rio Fardes. Einige Minuten nördlich vom Dorfe, in der Nähe einer kleinen Kapelle, findet man hier auf dem linken Flusflufer und wenige Meter über dem Talboden einen reichlich Fossilien führenden Horizont. Das Gestein ist ein ziemlich harter, aus feinstem Material bestehender, stark kalkhaltiger Tonmergel. Er ist im allgemeinen wenig geschichtet, jedoch häufig brockig abgesondert. Dieser Tonmergel ist ungemein reich an Resten von Landschnecken, deren gebleichte, weiße Gehäuse zu Tausenden auf dem gelblichgrauen Grund des Gesteins sichtbar werden. Allerdings sind die dünnen Schalen selten gut erhalten.

Dieser etwa 10 m mächtige Horizont wird überlagert von einem feinkörnigen, mergeligen Kalkstein. Die einzelnen Bänke desselben besitzen etwas verschiedene Härte. Alle enthalten zahlreiche Schnecken, die jedoch fast nur als Abdrücke und Steinkerne erhalten sind. In den folgenden paläontologischen Erörterungen wird diese Abteilung mit Horizont II, ihr Liegendes mit Horizont I bezeichnet.

Nach oben geht Horizont II in einen porösen, bisweilen tuffartigen Kalkstein über, der in mehreren mächtigen Bänken auftritt. Konchylien sind in diesem Horizont III nicht mehr so ungemein häufig wie im Liegenden und nur schwer in unverletzten Exemplaren aus dem harten Kalk zu gewinnen.

Das Profil wird abgeschlossen von Bänken eines weissen, porösen bis tuffigen, sehr feinkörnigen, ziemlich reinen, fossilleren Kalksteins. Diese Ablagerungen, welche infolge ihrer charakteristischen Tuffstruktur sehr leicht wiederzuerkennen sind, bilden auch weiterhin überall den obersten Horizont. Auf dem rechten Ufer des Rio Fardes konnte ich jene versteinungsreichen Bänke nicht wiederfinden. Obgleich petrographisch ähnliche Gesteine hier überall anstehen, so führen diese doch nur ganz vereinzelt Schnecken. Möglicherweise beschränken sich jene massenhaften Anhäufungen von Schnecken auf engbegrenzte Stellen, die alten Wasserlachen entsprechen. Tuff- und Sinterbildungen sind auf dem rechten Ufer weit häufiger als auf dem linken, wo nur die höchsten Bänke in dieser Weise entwickelt sind. Im allgemeinen besitzen alle diese Bänke einen sehr ähnlichen Charakter, schliessen sich namentlich gegenüber den ganz andersartigen Ablagerungen der Guadix-Formation zu einem einheitlichen Komplex zusammen. Alle Schichten des Fonelas-Kalkes fallen bei einem ziemlich genauen ost-westlichen Streichen mit etwa 5° nach Süden ein.

Herr Professor Dr. O. Boettger in Frankfurt a. M. hat mit liebenswürdiger Bereitwilligkeit die kleine Fauna bestimmt, wofür ich ihm an dieser Stelle meinen besten Dank ausspreche. Über das zugesandte Material äussert sich Herr Prof. Boettger folgendermassen:

„Alle drei Horizonte scheinen einer Formation anzugehören. In dem oberen Horizont III konnte *Hydrobia ventrosa* und *Helix* nov. sp., im untersten Horizont I neben der *Hydrobia* der *Euchilus* cf. *lemani* und die *Limnaea* cf. *girondica* nachgewiesen werden, die sämtlich auch im Horizont II, zum Teil in Masse, auftreten.

Im Horizont II, dem an Fossilien reichsten, sind mit mehr oder weniger Sicherheit nachzuweisen:

1. *Planorbis* (*Coretus*) *cornu* Brongn. in einer Form, die fast identisch ist mit Formen der var. *solida* Tho. aus dem mittleren Miocän

von Pontlevoy und Manthelan. Diese Varietät geht vom unteren Miocän bis ins obere Miocän. Die älteren (oligocänen) und die jüngeren (pliocänen) Varietäten von *Pl. cornu* sind flacher gebaut und zeigen breiter ausladende und weniger involute Innenwindungen (var. *mantelli* Dkr. u. a.).

Mein reiches Vergleichsmaterial in dieser Spezies läßt die Bestimmung absolut sicher erscheinen. Aus Spanien besitze ich *Pl. cornu* aus dem „Miocän“ von Teruel, Aragonien (leg. Ingen. C. Reuleaux 1889), aus Frankreich u. a. aus dem Calcaire blanc de l'Agenais von Nouillau (var. *mantelli* Dkr.) und aus dem Calcaire gris de l'Agenais von Labrède (var. *solida* Tho.) (leg. Touzin-Degrange 1890); beide Schichten „unteres Miocän“.

2. *Hydrobia ventrosa* Mtg.

Ebenfalls häufig im Calcaire blanc und Calcaire gris de l'Agenais, aber bis in die Jetztzeit gehend und auch noch lebend jetzt weit verbreitet.

3. *Limnaea* cf. *subovata* Hartm., Oberoligocän und Untermiocän.

4. *Patula* sp. unbestimmbar.

5. *Euchilus* cf. *lemanii* Bast., Untermiocän.

6. *Helix* nov. sp. Offenbar neu, mit sehr eigentümlicher Runzel-skulptur, wie sie mir aus jüngeren Schichten unbekannt ist. Ein Pleistocän ist durch diesen Fund ganz ausgeschlossen.

7. *Limnaea* cf. *girondica* Noul., Untermiocän.

8. *Euchilus* cf. *subpyrenaicum* Noul., Untermiocän.

Die übrigen Formen sind unsicher. Danach ist nach meinen Vergleichen ein untermiocänes Alter am meisten wahrscheinlich, obgleich ich ein mittelmiocänes Alter nicht ganz verneinen darf, da die meisten der genannten Arten bis ins Mittelmiocän einsetzen oder dort wenigstens durch schwer unterscheidbare Formen ersetzt werden. Die vorliegenden Fossilien erinnern in ihrem ganzen Zusammenvorkommen an die mir wohlbekanntesten Süßwasserkalke des Agenais, wobei wir unentschieden lassen können, ob sie sich mehr dem Calcaire blanc oder dem Calcaire gris vergleichen lassen. Sie haben auch manche Züge mit den Hydrobienschichten (Unt. Mioc.) des Mainzer Beckens gemein.

Jedenfalls aber zeigt die kleine Fauna, daß wir es hier mit echtem Miocän zu tun haben, mag auch das mittel- oder untermiocäne Alter noch strittig sein.“

In petrographischer wie teilweise in faunistischer Beziehung stimmt der Fonelas-Kalk überein mit den lakustren Schichten, welche in den Becken von Granada und von Baza die Gipsformation überlagern. Die Ansichten über das Alter dieser Schichten wie über ihr Lagerungs-

verhältnis zur Gips- und Molasse-Formation haben im Lauf der Zeit ziemlich geschwankt. Nachdem bereits 1830 Silvertop die gesamten Ablagerungen als Miocän erkannt und die marinen von den lakustren durch die Gipsformation getrennt hatte, stellte Gonzalo y Tarin eine Wechsellagerung von lakustren und marinen Schichten fest. Demgegenüber behaupten Bertrand und Kilian mit voller Bestimmtheit, daß eine solche im Becken von Granada nicht vorkommt, daß die lakustren Schichten vielmehr stets über dem Gipshorizont liegen. Ganz dieselben Lagerungsverhältnisse konnte ich im Becken von Baza beobachten.

Bertrand und Kilian führen von Versteinerungen aus den lakustren Schichten des Beckens von Granada *Limnaea girondica* Noul. und *Planorbis mantelli* Dunker (*solidus* G. & F.) an. Von diesen erklären sie den Planorbis nach sorgfältiger Prüfung als vollständig übereinstimmend mit den von Verneuil bei Concud (Teruel) gesammelten Planorbis-Arten und parallelisieren infolgedessen die Ablagerungen von Teruel mit denen des Beckens von Granada. Die Süßwasserablagerungen von Teruel aber entsprechen nach ihrer Säugetierfauna den Schichten von Pikermi. Bertrand und Kilian bestimmen deshalb die lakustren Schichten von Granada als oberes Miocän (Messenien). Sandberger stellt, im wesentlichen gestützt auf Knochenreste, die schneckenführenden Ablagerungen von Teruel gleichfalls ins Unterpliocän.

Herr Professor Boettger bemerkt in seinen oben erwähnten brieflichen Mitteilungen hierzu: „Es ist sehr wohl möglich, daß die Ablagerung von Teruel jünger ist als die vorliegende. Da Bertrand und Kilian zwei der vorliegenden Arten (den Planorbis freilich als var. *mantelli* Dkr., was er nicht ist) richtig erkannt haben, nimmt es mich Wunder, daß sie die Schichten so hoch — zum Messenien — stellen wollen, da doch *L. girondica* Noul. bis jetzt nur aus Untermiocän-Schichten bekannt ist.“ Gonzalo y Tarin rechnet die Fonelas-Schichten, ebenso wie die lakustren Ablagerungen im Becken von Baza und Granada zum Pliocän. Auch auf der geologischen Karte von Cortázar ist dieselbe Ansicht vertreten, die wohl nicht mehr zu halten ist.

Guádix-Formation.

Die jüngste aller Beckenablagerungen ist in der Literatur unter dem durch v. Drasche aufgestellten Namen Guadix Formation allgemein bekannt.

Die Gesteine, welche sie zusammensetzen, sind im wesentlichen Konglomerate, Schotter, Sandsteine, Sande, Mergel, Lehme, Tone und Tonmergel und (meist sandige) Kalksteine. Sämtliches Material entstammt ausschließlichs den Bergketten, welche das Becken umranden.

In der Nähe eines jeden Gebirgszuges herrschen daher naturgemäß dessen Gesteine vor. Die Sierra Nevada hat hauptsächlich den sehr leicht verwitternden, oft granatreichen Glimmerschiefer beigesteuert, außerdem Quarz, der in Sprüngen und Adern jene Schichten durchsetzt, und endlich noch Kalkstein, letzteren teilweise aus den nördlichen Vorbergen. Die Hauptmasse der Kalkgerölle lieferten aber die Kalkberge der Sierra Harana und der Sierra de Baza, welche das Becken im Osten und Westen flankieren.

Die größeren Gerölle sind im allgemeinen nicht sehr weit transportiert worden; deutlich läßt sich dies an den charakteristischen, leicht erkennbaren Nevada-Gesteinen verfolgen. Während diese vom Fuß der Sierra an bis zu dem einige Stunden nördlich davon gelegenen Guadix fast ausschließlich das Material der Guadix-Formation bilden, werden sie weiter nach Norden und besonders nach Nordwesten zu sehr bald fast vollständig von Kalkgeröllen verdrängt. An der Ostseite des Beckens tritt ähnliches oder gleiches Material sporadisch in den Kalkkonglomeraten auf; doch entstammt es wohl nicht der Sierra Nevada, sondern dem hier sehr hochliegenden Untergrund, der z. B. vom Rio Baul wiederholt angeschnitten wird. Die Dimensionen der Gerölle schwanken beträchtlich. Von Kopfgröße an sind alle Zwischenstufen vertreten bis herab zum feinsten Detritus. Da jedoch gleichzeitig immer nur Material von ungefähr gleicher Größe zur Ablagerung gelangte, ist es trotzdem zu einer deutlichen Bankung und Schichtung gekommen.

Häufig sind diese Schotter selbst in den tieferen Partien noch völlig lose, oft jedoch auch durch ein äußerst feinkörniges, toniges Bindemittel zu einem lockeren Konglomerat vereinigt. In der Nachbarschaft der Kalkgebirge dagegen werden die Gerölle durch Kalk zu festen, widerstandsfähigen Konglomeratbänken verkittet, und wieder an anderen Stellen erzeugt ein stark eisenschüssiges, tiefrotes Zement beinahe unzerstörbare Bänke.

Mit den Schottern und Konglomeraten und den ihnen entsprechenden Sandsteinen wechsellagern Lehm- und Mergelbänke. Teilweise ist der Lehm stark sandig, bisweilen ganz von Geröllen erfüllt; häufig treten diese in dünnen Lagen und Schmitzen auf, meist jedoch sind sie völlig richtungslos eingestreut, sodass man, wenn sie überhandnehmen, den Eindruck eines mageren Geschiebemergels, also einer Grundmoräne, erhält. Namentlich beim Betrachten von kleineren Partien oder gar von Handstücken ist dieser Eindruck so lebhaft, daß sich mir immer und immer wieder die Frage aufdrängte, ob diese Ablagerungen nicht doch Geschiebemergel seien.

Verschiedene Gründe sprechen jedoch gegen diese Auffassung. Trotz größter Mühe ist es mir nicht gelungen, in diesen Schichten ein geschrammtes oder gekritztes Geschiebe zu finden. Allerdings muß man bedenken, daß das Hauptgestein, der Glimmerschiefer, für die Entstehung und Erhaltung so zarter Bildungen das denkbar schlechteste Material abgibt, weil er leicht verwittert und abblättert; doch auch an festeren Gesteinen war keine Spur einer Schrammung wahrzunehmen.

Weiter spricht gegen den Grundmoränen-Charakter der Umstand, daß überall da, wo man diese Bänke auf größere Erstreckung hin verfolgen kann, eine gewisse Schichtung nicht zu verkennen ist. Nun hält sich zwar die norddeutsche Grundmoräne auch nicht immer streng an das Schema, sondern weist auch Andeutungen von Schichtung auf. In den Lehmen der Guadix-Formation ist die Schichtung aber weit häufiger und deutlicher.

Besonders erschwert wird die Entscheidung der Frage, ob die in Rede stehenden Gesteine Grundmoräne sind oder nicht, durch den Umstand, daß sie aus ganz anderem Material entstanden sind wie unsere norddeutsche Grundmoräne. Diese besteht aus dem Detritus der verschiedensten Gesteine, unter denen dem Kalk ein Hauptanteil zukommt. Das Material der Grundmoräne eines Nevada-Gletschers hätte dagegen fast ausschließlich der Glimmerschiefer liefern müssen, und es ist klar, daß eine solche Grundmoräne ganz andere petrographische bzw. physikalische Eigenschaften besitzen würde als unsere heimische.

Von Wichtigkeit für die Beurteilung der Verhältnisse sind daher diejenigen Eigenschaften der Grundmoräne, welche nicht von der petrographischen Ausbildung abhängen, vor allem die glazialen Stauchungen und Aufpressungen. Von diesen in Nord-Deutschland so verbreiteten Erscheinungen war im Becken von Guadix keine Spur zu erkennen.

Endlich ziehen sich die Schotterschichten an keiner der zahlreichen von mir beobachteten Stellen weit in die Täler der Randgebirge hinauf. Fast überall schneiden sie mit horizontaler Linie am Gebirge ab.

Eine weitere charakteristische Ablagerung sind sehr feine, magere Tone, die unter dem Mikroskop vor allem Quarz und Glimmer erkennen lassen, also wohl hauptsächlich aus den Schiefen der Sierra Nevada entstanden sein werden. Schichtung ist wie bei allen Ablagerungen von feinstem Korn nicht vorhanden. Beim Zerreiben zwischen den Fingern fühlen sie sich infolge des Reichtums an feinsten Glimmerschüppchen talkig an. Am ähnlichsten sind sie, um bekanntere Bildungen zum Vergleich heranzuziehen, den norddeutschen diluvialen Beckentonen. Teilweise erinnern sie wohl auch an Löfs. Je nach der Nähe des einen oder des anderen Randgebirges sind sie bald kalkführend, bald kalkfrei. Auch

heute noch dauert die Bildung ganz ähnlicher Gesteine in diesen Gegenden an. Am Fusse der Sierra Nevada und auf den angrenzenden Ebenen kann man Schritt für Schritt die fortschreitende Verwitterung der Glimmerschiefer-Gerölle verfolgen, die schliesslich im Verein mit der Aufbereitung der Materialien durch das Regenwasser zur Entstehung ganz ähnlicher glimmerreicher Tone führt.

Die Grenzlinie zwischen Schotter und Sand einerseits und den feinen Ablagerungen andererseits ist nicht immer so scharf ausgeprägt, wie man aus der Ferne anzunehmen wohl geneigt ist. Häufig gehen die verschiedenen Schichten ineinander über. Die Wasser schnitten sich oft tiefe Rinnen in die Lehm- und Mergelbänke ein und füllten diese mit Schottern aus, so dass in der Horizontalen oft ein plötzlicher Wechsel von feinsten und gröbsten Materialien stattfindet und die Grenzlinien zwischen den einzelnen Ablagerungen sehr unregelmässig werden. Weit verbreitet ist endlich in den Schottern und Sanden die Diagonalstruktur.

Für alle Ablagerungen gilt im grossen und ganzen die Regel, dass sie um so feiner werden, je näher sie dem Zentrum des Beckens liegen, obwohl auch dort noch vereinzelte Bänke grober Schotter auftreten. Am vorzüglichsten entwickelt finden wir die feinkörnigen Schichten in der Umgebung von Purullena, das so ziemlich gleichweit von allen Gebirgsrändern entfernt ist.

Die Färbung dieser Bildungen variiert mannigfach. In der Nähe erscheinen sie meist gelb, vielfach bräunlich, grünlich, rötlich. Einzelne Bänke haben eine tiefrote, oft an Terra rossa erinnernde Farbe angenommen, ebenso tritt diese an der Oberfläche der Steppe oder an grossen Wänden ganz allgemein auf, wodurch jene eingangs geschilderten Farbeneffekte entstehen.

Eine weitere charakteristische Bildung der Guadix-Formation sind die Lösskindel. Lösskindelartige Bildungen sind ja keineswegs auf den Löss allein beschränkt. In der Gegend von Leipzig und Halle finden sie sich im Geschiebemergel nicht gerade selten. In Süd-Schantung sah ich an den Ufern des Iho zahlreiche Lösskindelbänke sich in alluvialen Bildungen kilometerweit hinziehen. Ich glaube nicht, dass man trotzdem nötig hat, den Namen Lösskindel abzuändern. In der Guadix-Formation sind sie sehr häufig, doch zeigen sie mancherlei Abweichungen von der uns geläufigen Art ihrer Ausbildung.

Zunächst treten sie fast stets bänkebildend auf. Isolierte Lösspuppen, welche bei uns die Regel sind, kommen weit seltener vor. Die Bänke haben eine Mächtigkeit von 10--50 cm. An ihrer Oberkante bilden sie oft auf hundert und mehr Meter eine fest zusammenhängende

Schicht von sehr wechselnder Dicke. Von dieser hängen in den bekannten absonderlichen Formen bleistift- bis fingerdicke, vielfach verzweigte und zusammenfließende, stalaktitenartige Zapfen herab. Besonders schön treten diese Bildungen dann hervor, wenn die Mergelagen, in die sie hineingewachsen waren, weggewaschen sind. Man könnte dann wohl fälschlich glauben, eine so sonderbar verwittrte und ausgelaugte Kalkbank vor sich zu haben.

Beim Anschlagen findet man, daß die Lösfindel keineswegs aus reinem Kalk bestehen, sondern dieser nur das Zement bildet, welches feinen Sand u. s. w. verkittet. Vielfach macht das Ganze den Eindruck, als ob es eine ursprüngliche Oberflächenbildung sei. Daneben kommen auch Lösfindel vor, die nach Struktur und Anordnung im Nebengestein ganz denen des mitteldeutschen Lösgebietes gleichen.

Alle diese eben besprochenen Gesteine wechsellagern vielfach miteinander, ohne daß irgend eine bestimmte Regelmäßigkeit zu erkennen wäre. In den höchsten Lagen treten sehr häufig Sinterbildungen auf, (s. S. 602), die oft ausgedehnte Lager und Decken bilden. Die Ursache ihrer Entstehung wird später berührt werden. Die Oberfläche dieser Decken ist oft so glatt, daß man im ersten Augenblick an Gletscherpolitur denken möchte, doch nirgends ist eine Spur von Schrammung zu erkennen, und auch die Zeit ihrer Entstehung am Ende der Aufschüttungsperiode der Guadix-Formation macht eine derartige Annahme völlig unmöglich.

Die Sinterbildung ist eine der auffälligsten und verbreitetsten Erscheinungen im ganzen Becken. Einerlei, ob man von Diezma nach Süden, nach dem Fusse der Sierra Nevada, zu wandert, ob man von Purullena aus das jenseitige Ufer des Rio Fardes erklimmt, ob man die Straße von Guadix nach Baza verfolgt, überall findet man, sobald man die tiefen Täler und Schluchten verlassen hat und auf die Ebene gelangt ist, ausgedehnte Strecken mit Sinter überzogen. Die Entstehung der Sinterdecken ist natürlich unabhängig von der Beschaffenheit des Untergrundes, dagegen an die Nachbarschaft der umgebenden Kalkgebirge gebunden. Je weiter entfernt von ihnen, desto dünner werden sie, bis sie endlich in dem südlich von Guadix gelegenen Marquesada del Cenet ganz verschwinden. Immerhin ist auch hier noch genügend Kalk vorhanden, um einzelne Geröllbänke zu festem, grobem Konglomerat zu verkitten. Dieser Kalk kann jedoch sehr wohl auch den kleinen Kalkvorbergen der Sierra Nevada entstammen. Die Sinter- und Konglomeratdecken stempeln die Gegend, deren Boden sie bilden, von Anfang an zur Wüste. Sie bedingen jene furchtbare Öde, die umsomehr auffällt, als dicht an die Steppe heran die Gartenlandschaft der Vega reicht.

Sinterdecken bilden nicht nur allgemein den obersten Abschluß der Guadix-Formation, sondern sind auch häufig zwischen den obersten Sand- und Geröllschichten eingeschaltet, ein Beweis dafür, daß die klimatischen Verhältnisse, welche ihre Entstehung bedingten, bereits gegen das Ende der Bildung der Guadix-Formation eintraten.

Die Gesamtmächtigkeit der erschlossenen Ablagerungen beträgt nach den Messungen v. Drasches, mit denen meine eigenen übereinstimmen, etwa 350 m. Der ganze Schichtenkomplex ist vollständig versteinungslos. Nur in der obersten Bank fand ich unweit Diezma einige schlecht erhaltene Abdrücke einer Xerophila.

Wie eingangs bereits erwähnt, hat man beim ersten Anblick des Beckens lebhaft das Empfinden, daß sich die Schichten der Guadix-Formation absolut horizontal ausbreiten. Diese Ansicht bedarf jedoch nach den Ergebnissen der genaueren Untersuchung einer kleinen Korrektur. Wohl liegen vielfach die Schichten tatsächlich horizontal; häufig ist jedoch eine minimale Neigung vorhanden, was man z. B. deutlich an den Ufern des Rio Fardes in der Nähe von Fonelas beobachten kann. Hier fallen die Fonelas-Kalke mit etwa 5° nach Süden ein. Transgredierend auf ihnen liegt die Guadix-Formation, die zugleich auch wieder nach Süden, aber nur mit einem Winkel von 2° einfällt. Eine so minimale Neigung läßt sich natürlich im Einzelaufschluß nicht mehr nachweisen, ist aber unverkennbar, wenn man die meilenlangen Profile an den Flußufern aus der Ferne betrachtet. Diese Erscheinung ist ein Beweis dafür, daß die miocäne Bodensenkung die Ablagerung des Fonelas-Kalkes überdauert und bis nach der Ablagerung der Guadix-Formation angehalten bzw. dann wieder neueingesetzt hat.

Blickt man von der Höhe der Strafe nach Baza zurück nach Guadix, so bemerkt man, daß die Steppe südlich von diesem Ort gleichfalls nicht absolut horizontal liegt; sie fällt vielmehr von allen Seiten nach ihrem Mittelpunkt, nach Guadix, zu sehr flach ein. Ob es sich hier um tektonische Störungen handelt, ist sehr schwer zu entscheiden. Möglicherweise ist es nur das natürliche Einfallen der Schotter u. s. w. vom Ursprungsgebiet der sie ablagernden Flüsse an nach dem tiefsten Punkt des Beckens zu.

Echte tektonische Störungen sind in den Ramblas öfters aufgeschlossen, doch beträgt die Sprunghöhe häufig kaum 1 m. Südöstlich von Diezma aber konnte ich eine kaum 1 qkm große Scholle beobachten, welche unter einem Winkel von 30° geneigt war, so daß sie schon von weitem zwischen den übrigen horizontalen Linien des Landschaftsbildes sehr auffiel. Überhaupt sind die Störungen nach den Gebirgsrändern zu etwas häufiger und deutlicher als in der Mitte des

Beckens. Namentlich in der Südwestecke, wo die Guadix-Formation den scharfen Winkel zwischen der Sierra Nevada und der Sierra Harana ausfüllt, waren Verwerfungen und geneigte Lagerung der Bänke nicht selten. Ähnliche Verhältnisse konnte ich im Becken von Granada am Alhambra-Konglomerat feststellen. In Granada liegt dies Konglomerat absolut horizontal, wie die Steilwand im Darro-Tal zeigt, und wie man auf dem Albaicin und den benachbarten Bergen beobachten kann. Weiter im Norden jedoch, in der Nähe des Fufses der Sierra Harana, ist geneigte Schichtenlage gar nicht so selten. Höchst wahrscheinlich fanden auch in jüngster Zeit immer noch Bewegungen auf jenen alten Randspalten statt, welche bei der Entstehung der Becken eine Rolle spielten.

Über die Entstehung der Guadix-Formation sind die Meinungen sehr geteilt. Wir haben bereits erörtert, daß an eine Grundmoränen-Bildung nicht zu denken ist. Auch die Entstehung dieser Ablagerung in einem Seebecken ist nach v. Drasche ausgeschlossen, weil diesem im Norden angeblich eine natürliche Grenze fehlt. Die höchsten Bänke der Guadix-Formation besitzen eine ungefähre Meereshöhe von 1320 m; die höchsten Schichten bei Baza erreichen nach meinen Messungen etwa 1250 m. Es bleibt also eine Differenz von etwa 70 m. Diese gleicht sich aber zum Teil noch dadurch aus, daß Reste der miocänen Konglomerate, wie unten näher ausgeführt werden wird, sich noch etwa 30 m höher am Jabalcon hinauf verfolgen lassen. Ferner können ganz junge tektonische Störungen das ursprüngliche Höhenverhältnis noch etwas verschoben haben. Bei diesen verhältnismäßig geringen Niveaudifferenzen könnten nur ein Nivellement oder barometrische Messungen, die sich auf korrespondierende Stationsbeobachtungen stützen, Sicherheit über das wahre Höhenverhältnis bringen. Die Möglichkeit, daß die Gegend von Baza früher hoch genug lag, um ein Seeufer zu bilden, ist also nicht unbedingt zu verneinen.

Dagegen spricht der ganze Schichtenbau gegen die Annahme, daß die Guadix-Formation in einem See abgelagert worden ist. Bei den ausgezeichneten Aufschlüssen, die uns Querschnitte von der Mitte des Beckens bis zum Rande nach allen Richtungen hin liefern, müßte man irgendwo Deltastruktur antreffen, falls wir eine Seeablagung vor uns hätten. Ferner wären das weite Aushalten dünner Schotterbänke, der plötzliche Wechsel von grobem und feinem Material, die Auswaschung tiefer Rinnen, die wilde Diagonalstruktur und manche andere Erscheinung in einem See nicht möglich. Dies alles deutet vielmehr auf einen fluviatilen Absatz, auf Ablagerung aus schnellfließenden Gebirgsbächen und Flüssen hin, die ihren Lauf oft verlegten und daneben Staubecken

bildeten, in denen wie in etwaigen Überschwemmungsgebieten ein langsam fließendes Wasser den feinsten Detritus absetzte.

Ob zur Entstehung dieser Ablagerungen weit größere Wassermassen nötig waren, als heute noch den Sierrren entströmen oder zur Regenzeit die Trockenrisse erfüllen, scheint mir sehr fraglich zu sein. Wissen wir doch, daß einzig und allein die Verteilung der Niederschläge und nicht die absolute Regenmenge maßgebend ist für die geologische Wirkung des fließenden Wassers.

Möglicherweise aber ist die Guadix-Formation diluvialen Alters, wie weiter unten näher erörtert werden soll. Nach den Ausführungen Pencks fielen damals in Spanien weit mehr Niederschläge als gegenwärtig. Dies bedingte eine vermehrte Verwitterung und schnelleren Transport der hierdurch zerstörten Gebirgsmassen. Zu gleicher Zeit entstanden an den Hängen der Sierra Nevada einzelne Gletscher. Mit der Annahme einer Ablagerung der Guadix-Formation aus kalten Gletscherbächen stände gleichfalls die große Fossilarmut gut im Einklang.

Wohin aber sind die Wasser geflossen, welche das Material der Guadix-Formation von den Hängen der Gebirge herabflößten? Heute wird das gesamte Becken von Guadix und Baza durch den Guadiana menor entwässert. Ein solcher Weg hat zur Zeit der Ablagerung der Guadix-Formation nicht bestanden; denn in gerader Linie ziehen sich diese Schichten an den nördlichen Randgebirgen hin, ohne in das Durchbruchstal des Guadiana menor einzutreten, und weder in diesem Tal selbst noch jenseits des Randgebirges finden sich ähnliche Ablagerungen vor. Von anderen Abflüssen kommt heute nur noch der Rio de Almeria in Betracht, welcher den äußersten südöstlichen Zipfel des Beckens nach dem Mittelländischen Meer entwässert. Ich habe dieses Tal allerdings nur flüchtig begehen können; doch glaube ich nicht, daß die Schichten der Guadix-Formation sich durch das ganze Tal hindurchziehen. Zur Zeit ihrer Ablagerung bestand also dieser Flußlauf wohl noch nicht.

Dagegen konnte ich einen alten Abfluß in der Nordwestecke des Beckens, in der Gegend von Moreda, nachweisen. Hier durchragt die Guadix-Formation ein flacher Sattel von Eocän, der heute die Wasserscheide bildet. Auf seiner Ostseite strömen alle Niederschläge dem Guadiana menor zu, während auf der Westseite sich die Bäche zu einem Nebenfluß des Rio Cubillos sammeln. Dieser durchfließt noch wenige Stunden weit die Guadix-Formation und durchschneidet dann in einem engen Tal die Sierra Harana. Bei Iznalloz, wo sich das Tal wieder erweitert, wendet sich der Rio Cubillos dem Becken von Granada zu. Auf diesem Wege sind überall teils mächtige Schichten, teils

Spuren der Guadix-Formation nachzuweisen. Eine alte Verbindung der beiden Becken ist daher sehr wahrscheinlich.

Für einen Abfluß der Gewässer in der soeben angeführten Richtung spricht auch die Verteilung der Geschiebe innerhalb der Guadix-Formation. So scheinen sich die Gesteine der Sierra Nevada an der Westseite des Beckens weiter nach Norden zu ziehen als im Osten. Bei einem Abfluß nach Almeria zu wäre eine solche Verteilung unmöglich. Ob das gesamte Becken freilich in der geschilderten Weise entwässert wurde, kann ich nicht entscheiden, weil ich den Nordosten des Beckens von Baza nicht aus eigener Anschauung kenne.

Die Schichten der Guadix-Formation sind allem Anschein nach in der Umgebung von Moreda am Nordrande des Beckens von wesentlich geringerer Mächtigkeit als in der Nähe von Guadix. Bei ungefähr gleicher Meereshöhe beider Gegenden liegt mithin die Basis der Ablagerungen dort viel höher als in den übrigen Teilen des Beckens. Da aber selbst die tiefsten Schichten in der Nähe von Guadix nicht als Seeablagerungen angesehen werden dürfen, so bleibt nur die Annahme übrig, daß die zentralen und südlichen Partien des Beckens zu Beginn der Ablagerung der Guadix-Formation höher lagen als heute, sich aber im Verlaufe derselben mehr senkten als die nördlichen.

Während die Guadix-Formation die Westhälfte des Doppelbeckens fast vollständig erfüllt, verliert sie nach Osten zu sehr rasch an Bedeutung. Kaum eingetreten in das Becken von Baza, verschmälert sie sich und zieht dann als Saum von wenigen Kilometern Breite am Nordrande des Beckens hin. Die obersten Beckenschichten in der Umgebung des Jabalcon rechnet Gonzalo y Tarin gleichfalls zur Guadix-Formation. Wie dieser Rest erkennen läßt, besaß also die Guadix-Formation früher auch im Becken von Baza eine größere Verbreitung, wenn auch ihre Ablagerungen hier nie von ähnlicher Mächtigkeit gewesen sein können wie im Becken von Guadix. Der größte Teil dieser verhältnismäßig dünneren Decke ist, wie einer der nächsten Abschnitte zeigen wird, der Denudation und Erosion zum Opfer gefallen.

Der lebhafte Farbenkontrast zwischen den Ablagerungen der Guadix-Formation und den miocänen Schichten des Beckens von Baza ermöglicht oft schon aus der Ferne eine Trennung beider Formationen. Befindet man sich z. B. in der Nähe von Zugar auf einem hohen Punkt am Ufer des Rio Fardes, so erblickt man auf der einen Seite des Flusses die weißen miocänen Bildungen des Beckens von Baza, während sich auf der anderen die bunten Massen der Guadix-Formation weithin in die Ferne verfolgen lassen.

So leicht es ist, einzelne charakteristische Glieder der Guadix-

Formation vom Miocän des Beckens von Baza zu unterscheiden, so schwer wird es oft im Einzelfalle, eine genaue Grenze zwischen der Guadix-Formation und den lakustren Schichten des Beckens von Baza zu ziehen, da beide oft täuschend ähnlich entwickelt sind. Eine kartographische Darstellung kann daher nur bei fortgesetzter, ins Einzelne gehender Arbeit Anspruch auf Beachtung erheben. Aus diesem Grunde ist es unterlassen worden, der vorliegenden Arbeit eine Karte beizugeben; denn wie die Grenzführung auf den Karten der spanischen Geologen nur in großen Umrissen als richtig gelten kann, so müßte auch jeder anderen auf Grund von Einzelprofilen gewonnenen Begrenzung derselbe Mangel anhaften.

Über das Alter der Guadix-Formation gehen die Meinungen der Autoren gleichfalls sehr weit auseinander. R. v. Drasche parallelisiert die Guadix-Formation mit dem Alhambra-Konglomerat, ohne für beide ein bestimmtes Alter anzugeben; Gonzalo y Tarin hält sie für diluvial, während Bertrand und Kilian sie gleich dem Alhambra-Konglomerat zum Tortonien stellen.

Solange nicht ein glücklicher Fund uns mit einer charakteristischen Fauna bekannt macht, wird eine jede spezielle Formationsbestimmung mehr oder weniger Spekulation bleiben. Aber gerade diese Formation scheint an Versteinerungen äußerst arm zu sein. Die oben schon erwähnten *Helices* sind bisher die einzigen Conchylienfunde, welche bekannt geworden sind.

Eine Anzahl von mir gesammelter Knochenreste, die Herr Landesgeolog Dr. Schröder freundlichst bestimmt hat, boten gleichfalls keinerlei Anhalt. Doch reichen die Beobachtungen dazu hin, das Alter der Guadix-Formation in gewisse Grenzen einzuengen. So weit ich mir ein Urteil bilden konnte, scheint mir die Ähnlichkeit zwischen Guadix-Formation und Alhambra-Konglomerat für eine Parallelisierung beider zu sprechen, ebenso der Nachweis einer alten Verbindung des Beckens von Guadix und Baza mit dem von Granada durch den Paß von Iznalloz. Sicher ist ferner, daß die Guadix-Formation diskordant auf dem Fonelas-Kalk und auf den obersten lakustren Bildungen des Beckens von Baza liegt. Demnach muß die Guadix-Formation jünger als das Messenien sein. Für die Zeit ihrer Ablagerung kommen Pliocän und Diluvium in Betracht. Eine wesentlich engere Begrenzung der Zeiträume ist augenblicklich nicht mit Sicherheit möglich. Zugunsten einer Entstehung dieser Ablagerungen in diluvialer Zeit könnte man vielleicht die durch Penck nachgewiesene bedeutende Zunahme der Niederschläge in Spanien während jener Periode anführen.

Alluvium.

Von jüngsten Bildungen sind endlich ausgedehnte Sinter- und Tuffablagerungen zu erwähnen. Die allgemeine Verbreitung dieser Gebilde in Andalusien fiel bereits den älteren Geologen auf¹⁾.

Die Sinterdecken treten, wie schon S. 596 erwähnt wurde, bereits in den oberen Lagen der Guadix-Formation auf, wo sie mit Konglomeraten, Sandsteinen u. s. w. wechsellagern. Ihre Hauptentwicklung erreichen sie jedoch erst am Ende dieser Periode, und auch heute noch dauert ihre Bildung an, wie man sehr schön an den Abhängen der Sierra de Baza verfolgen kann. Diese sind überschüttet von losen, fuß- bis eigroßen Kalkgeröllen. Viele davon weisen einen äußerst dünnen Überzug von Kalksinter auf, andere sind mit den benachbarten Geröllen bereits fest verkittet, und weiterhin zieht sich über kleine, oft nur fuß- oder quadratmetergroße Flächen schon eine manchmal nur papierdünne, aber doch vollständig zusammenhängende Kalkkruste. Andere Stellen zeigen, daß diese jüngsten Bildungen wiederholt von neuen Wassergüssen zerrissen und später abermals verkittet wurden.

Endlich machen sich Sinter-Neubildungen auf allen Gesteinsspalten bemerkbar. Zerfällt dann in tieferen Einschnitten das Nebengestein, so bleiben die viel widerstandsfähigeren Sinterplatten stehen und hängen von den obersten Sinterplatten gardinenartig hernieder, ganz wie ähnliche Bildungen in Tropfstein-Höhlen.

Die Ursache dieser ausgedehnten Sinterbildung ist wohl in klimatischen Verhältnissen zu suchen, denn wäre nur die Löslichkeit des Kalkes die Veranlassung, so müßten wir Sinterdecken auch in ähnlichen Ablagerungen, z. B. in den alpinen Nagelfluhbildungen, antreffen. Vielleicht hängen sie mit der schnellen Verdunstung des Wassers bei sommerlichen Regengüssen zusammen.

Dieselben klimatischen Faktoren müssen aber schon gegen das Ende der Guadix-Formation wirksam gewesen sein; denn die alten Sinterdecken in den obersten Lagen dieser Formation lassen sich nicht von den jüngsten recenten Sinterdecken unterscheiden. Vielleicht ist dies auch mit ein Grund, der Guadix-Formation ein sehr junges, diluviales Alter zuzuschreiben.

An den Rändern der Steppe, in der Nähe der durch Spalten begrenzten Kalkgebirge sind ferner mächtige Lager von Kalktuff abgesetzt worden. Ich konnte solche näher untersuchen im Becken von Granada am Westabhang der Sierra Nevada, sowie im Becken von Baza am

¹⁾ Hausmann, Über das Gebirgssystem der Sierra Nevada. Abh. d. Kgl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen 1838—1844.

Fufs des Jabalcon. Hier sind sie besonders gut im Tal des Rio Fardes in der Nähe der Baños de Zugar aufgeschlossen. Diese Tuffe sind reich an vegetabilischen Resten, namentlich Pflanzenstengeln und Baumzweigen; Schnecken finden sich weniger zahlreich in ihnen.

Der Kalk hat sich wie gewöhnlich mit Vorliebe an Wurzeln, Stämmen und Zweigen von Bäumen abgesetzt. Als diese später verwesten, entstanden Hohlcyliner, die jetzt in den verschiedensten Dimensionen bis zur Stärke eines Armes zerstreut in einem stark kalkhaltigen Ton herumliegen. Das gleiche Material füllt auch die Hohlräume dieser Cylinder aus. Stellenweise sind in jenem Ton Tausende kleiner, löfkindelartiger Kalkkonkretionen eingebettet. Ihre Oberfläche ist reichlich mit Warzen bedeckt. Alle bauen sich um einen, wenn auch oft sehr kleinen Kern in feinen, konzentrischen Lagen auf. Daneben kommen auch tropfsteinartige Bildungen häufig vor.

Sehr wahrscheinlich gehören zu diesen jüngsten Ablagerungen auch gewisse Konglomerate, denen man am Fufse der südlichen Vorberge des Jabalcon begegnet. Sie bestehen ausschliesslich aus den leicht erkennbaren Jurakalkgeröllen des Jabalcon. Dieser Kalk ist durchzogen von Tausenden von Sprüngen, ähnlich wie man es bei dem paläozoischen Kieselschiefer so häufig findet. An diesen Sprüngen setzt die lösende Kraft des Wassers zuerst an; die Oberfläche des Kalkes ist daher bedeckt mit meist kaum millimetertiefen Rinnen, die allein schon dem Gestein einen nicht zu verkennenden Habitus verleihen. Bei tiefer gehender Verwitterung zerfällt das Gestein nach diesen Sprüngen. Durch einen sehr feinkörnigen bis dichten, meist rötlich gefärbten Kalk sind die Trümmer äufserst fest verkittet worden, so dafs beim Anschlagen der Sprung glatt durch Geröll und Bindemittel geht. Die Entstehung dieses Konglomerates ist mithin ein äufserst instruktives Beispiel für das stete Wechselspiel der zerstörenden und wiederaufbauenden Kräfte in der anorganischen Natur. Nach dem Verlauf des geschilderten Prozesses darf man wohl annehmen, dafs er wie die Bildung der Sinterdecken auch jetzt noch fort dauert.

Die breiten Täler, die tiefeingeschnittenen Schluchten und wildzerrissenen Talwände haben verschiedene Forscher zu der Annahme veranlafst, dafs es zur Ausarbeitung dieser Bodenformen weit gewaltigerer Wassermassen bedurfte, als heute in jenen Gegenden angetroffen werden.

Jetzt sind die Niederschläge in der Steppe sehr gering. Nach den Untersuchungen von Hellmann¹⁾ und der Darstellung, die Fischer²⁾ vom

¹⁾ Regenverhältnisse der Iberischen Halbinsel. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1888, Bd. 23.

²⁾ Unser Wissen von der Erde Bd. III, 2.

Klima Spaniens gibt, ist die Steppe von Guadix und Baza wohl eine der regenärmsten Gegenden Andalusiens. „Afrikanische Trockenheit ist einer ihrer hervorstechendsten Charakterzüge“ Die jährliche Regenmenge mag kaum 400 mm betragen.

Mehr jedoch als die absolute Regenhöhe kommt für die Erosion die Verteilung der Niederschläge in Betracht, und in diesem Sinne liegen die Verhältnisse im Becken keineswegs ungünstig. Es herrscht hier bereits der maritime Typus der Regenverteilung. Der Gegensatz winterlicher Regen- und sommerlicher Trockenzeit ist so ausgesprochen, daß auf den Sommer oft nur 2—3% der absoluten Regenmenge kommen. Aber auch innerhalb der Regenzeit selbst drängen sich die Niederschläge gewöhnlich auf einzelne Tage, ja an diesen wieder meist auf wenige Stunden zusammen, in denen gewaltige Sturzregen niedergehen. Dann füllen sich alsbald die engen Schluchten mit wild dahinbrausenden Wassermassen, und breite Ströme durchfluten die weiten Trockentäler. An der neuangelegten StraÙe von Guadix nach Almeria sprechen verschiedene Brücken, die in weitem Bogen sich über armselige Rinnsale spannen, deutlich von den gewaltigen Wassermassen, welche zuzeiten hier ihren Weg nehmen. Wir müssen also auch heute noch mit ganz gewaltiger zerstörender und transportierender Arbeit der fließenden Wasser in dieser Steppe rechnen. Die öfters wiederkehrende Vermutung, daß das heutige Bodenrelief nur in einer früheren niederschlagsreicheren Zeit hätte modelliert werden können, ist also wohl hinfällig.

Wie wir früher gesehen haben, liegt die Möglichkeit sehr nahe, daß die mächtigen Schotter und Lehmlager der Guadix-Formation ein Werk der reichlichen Niederschläge der Diluvialzeit sind. Wir können dann aber kaum annehmen, daß fortgesetzt reiche Niederschläge diese Bildungen auch wieder vernichtet hätten. Im Gegenteil darf man behaupten, daß nur unter dem heutigen Klima so eigenartige Bodenformen entstehen konnten. Ein feuchteres Klima würde durch Vermehrung des Pflanzenwuchses und Steigerung der Verwitterung eine doppelte Decke über das anstehende Gestein gebreitet und es so gegen die Gewalt der Regengüsse geschützt haben. Die steilen Wandungen würden bald verschwunden und sanfte Böschungen an ihre Stelle getreten sein. Die Ursachen für die plötzliche Umkehr der Akkumulation in die Erosion sind wohl überhaupt nicht in einem Wechsel der klimatischen Bedingungen zu suchen. Wie wir bei der Besprechung der Sinterdecken sahen, haben sich diese seit dem Ende der Guadixzeit kaum mehr geändert. Die wahre Ursache für diese vollständige Umkehr der geologischen Vorgänge dürfte vielmehr in der Verlegung des gesamten hydrographischen Systems zu suchen sein.

Wir haben gesehen, daß sehr wahrscheinlich früher die Gewässer des Beckens von Guadix über den Paß von Iznalloz nach Westen abflossen. Sicher aber ist, daß damals die nördlichen Randgebirge noch eine geschlossene Schranke bildeten, die jeden Abfluß nach Nordwesten verhinderte, während sie heute vom Quertal des Guadiana menor durchbrochen wird. Obwohl dies Tal einer uralten tektonischen Linie folgt, ist es doch erst in allerjüngster Zeit durch die rückschreitende Erosion ausgebildet worden.

Auf der Nordwestseite des breiten Gebirgswalles im Norden des Beckens hat die rückwärtsschreitende Erosion schneller gearbeitet als auf seiner Südostseite. Die Folge davon ist, daß sich die Wasserscheide der nach Norden und Süden abfließenden Bäche weit nach Südosten vorgeschoben und den durch den Faltenbau angedeuteten ehemaligen Kamm des Gebirges längst weit überschritten hat. Die nach Nordwesten abfließenden Bäche müssen jetzt das Faltengebirge fast in seiner ganzen Breite durchqueren, während von dem schmalen Südabhang nur kleine Bäche herabfließen. Dieser Prozeß der Wanderung der Wasserscheide schritt, wahrscheinlich begünstigt durch den alten Querbruch, am schnellsten im Flußgebiet des heutigen Guadiana menor vorwärts. Dieser Fluß durchschneidet die Gebirgskette in ihrer ganzen Breite. Nachdem er die Grenze von Kreide- und Guadix-Formation, von Gebirge und Ebene erreicht hatte, mußte jede weitere Vertiefung seines Bettes in dem ebenen, aus schwebenden und leicht erodierbaren Schichten aufgebauten Hinterland die Ausbildung eines meilenlangen Oberlaufes hervorrufen, der wahrscheinlich sofort das alte Flußsystem anzapfte. Diese plötzliche Vermehrung des Wasserzuflusses hatte natürlich eine Verstärkung der Erosion im Unterlauf zur Folge, die wiederum auf den Oberlauf zurückwirkte, bis sich eine regelmäßige Stromkurve entwickelt hatte. Es mußte demnach unter allen Umständen der Akkumulation die Erosion folgen, einerlei ob die Niederschläge im Becken von Guadix und Baza sich vermehrten oder verminderten. Die Erosion ist also nicht die Folge klimatischer Änderungen, sondern sie trat dadurch ein, daß das alte hydrographische System des Beckens durch die rückschreitende Erosion des Guadiana menor an ein anderes Flußsystem mit tiefer liegendem Erosionsniveau angeschlossen wurde.

Die regelmäßige Aufeinanderfolge ausgedehnter harter und weicher Bänke hat in den Becken die Ausbildung großer und gut ausgeprägter Terrassen bedingt. Am besten sind diese im Becken von Baza entwickelt. Auf dem etwa 30 km langen Weg von Baza nach dem Jabalcon steigt man über drei Hauptterrassen aufwärts. Am vollständigsten erhalten ist die tiefste, welche mit noch ziemlich geschlossener Fläche

den Fluß begleitet. Je höher die Terrassen liegen, desto häufiger sind sie von tiefen Schluchten zerrissen und in einzelne isolierte Partien aufgelöst. Die höchste der Terrassen aber ist, wie Abbild. 37 zeigt, bis auf einzelne zeugenartige Reste zerstört. So sicher, wie auch diese in kurzer Zeit verschwunden sein werden, so sicher können wir auch annehmen, daß eine noch höhere Schichtenreihe bereits vollständig abgetragen ist. In den engen, steilen, oft kaminartigen Rinnen am Jabalcon fand ich in verschiedenen versteckten Winkeln bis zu einer Höhe von 30 m über der obersten Bank des Beckens noch Reste ehemaliger Kalk- und Konglomeratbänke. Meist sind diese vollkommen horizontal gelagerten Schichtenreste sehr klein, oft kaum spannenlang, selten erreichen sie die Größe eines Quadratmeters. Jene engen Rinnen müssen also schon zur Miocänzeit vorhanden gewesen sein, und der harte, glatte Kalkblock des Jabalcon mit seinen steilen Wänden, an denen das Wasser sofort herabschießt, zeigt demnach heute noch wesentlich dieselbe Oberfläche, welche einst das Miocänmeer bespülte, während die Ablagerungen dieses Meeres selbst auf meilenweite Strecken in einer Mächtigkeit von wenigstens 30 m spurlos vernichtet worden sind.

In den viel weicheren Schichten des Beckens von Guadix ist es zwar zur Ausbildung so vorzüglich ausgeprägter Stufenlandschaften nicht gekommen, doch lassen sich auch hier einzelne Terrassen verfolgen. Beispielsweise zieht sich südlich von Guadix eine ausgedehnte Terrasse parallel dem Fuß der Sierra Nevada hin. Sie ist allerdings nur wenige Meter höher als ihr Vorland, und bei der sanften Abböschung schreitet man leicht achtlos über die Stufe hinweg, wenn nicht der Anblick aus der Ferne die Aufmerksamkeit auf sie gelenkt hat. Von der in der Nähe des Dorfes Fonelas hoch über dem Fluß gelegenen Eisenbahnbrücke aus erblickt man im Osten zwei niedrige, der Sierra Harana vorgelagerte Terrassen. Die untere ist noch ziemlich vollständig erhalten, die höhere dagegen besteht nur noch aus einzelnen zeugenartigen Resten. Der Westrand des Beckens von Guadix weist allem Anschein nach eine größere Anzahl von Terrassen auf; doch konnte ich nicht feststellen, wie viele es sind. Bei der Begehung des Gebietes selbst ist dies infolge der starken Zerklüftung des Geländes nicht möglich; von der Ferne aus aber verhüllte mir eine dichte Dunstschicht stets den Überblick über eine größere Strecke.


Diese großen Terrassen dürften wohl kaum durch ein periodisches Einschneiden der Hauptflüsse entstanden sein. Sie bildeten sich wohl da aus, wo besonders harte Bänke dem Angriff der Atmosphären energischen Widerstand leisteten. Aus diesem Grunde entsprechen sie einander hinsichtlich der Höhenlage immer nur in kleineren Gebieten.

Wo anders struierte Schichten auftreten, hört auch jede Übereinstimmung ihrer Anordnung auf.

Der Widerstand, welchen die einzelnen Ablagerungen der Verwitterung entgegenstellen, ist ein ungemein verschiedener. Es gibt in dieser Hinsicht wohl kaum gröfsere Gegensätze auf kleinem Raum, wie zwischen den feinen löfsartigen Bildungen und den steinharten Konglomeraten oder dichten Sinterkrusten. Von den einen vermag schon ein zarter Windhauch feinste Teilchen abzulösen, während von den anderen auch der stärkste Sturzregen machtlos abprallt und seine Wasserfluten wirkungslos darüber hinwegrollen. Nirgends findet man an der Oberfläche dieser harten Gesteine eine Spur von Verwitterung. Dennoch unterliegen auch sie mit der Zeit dem Verfall. Die Insolation bereitet den Atmosphärien den Weg, auf welchem sie diese scheinbar unzerstörbaren Gebilde mit Erfolg angreifen können. Sie zersprengt teilweise die harten Massen in Tausende von kleinen messerklingenartigen, scharfen Scherben. An anderen Stellen löst die Insolation quadratmetergroße, oft nur wenige Millimeter dicke Schalen ab, die scheinbar noch fest an ihrer Unterlage haften, sich jedoch mit geringer Kraftaufwendung von einer Fuge aus abheben lassen. Oft liegen mehrere solcher Platten übereinander, oft sind sie dachziegelartig angeordnet. Auf den Kluftflächen zwischen dem festen Gestein und diesen Schalen setzt nun die Verwitterung ein. Das eindringende Wasser ist hier keiner sofortigen Verdunstung ausgesetzt. Es wirkt lösend auf das Gestein und erweitert so allmählich den Zwischenraum. In die erweiterten Spalten drängen sich Wurzeln, wodurch das Gefüge bedeutend gelockert wird; Spinnen und Tausendfüße suchen sie als Wohnräume auf. Im Verlauf der Entwicklung häuft sich eine dünne Humuslage an, die hier vor dem sofortigen Wegspülen durch den nächsten Regengufs geschützt ist. Gewaltige Zeiträume mögen freilich vergehen, ehe durch diese Vorgänge eine einzige centimeterdicke Platte zerstört ist. Eines Tages aber spült ein starker Regengufs die Trümmer und mit ihnen den spärlichen Verwitterungsboden hinweg, welchen sie schützten, so daß aufs neue eine glatte, sterile Kalkplatte zutage tritt.

Die Längsprofile der Ramblas und Barrancos zeigen mitunter die normale, anfangs langsam, gegen den Talanfang hin immer steiler ansteigende Kurve, häufiger aber endet das flach ansteigende Tal plötzlich mit einer oft 20—30 m hohen, senkrechten Wand. Oft sind, von einer Wasserscheide aus gesehen, die Bachbetten und Wasserrisse der einen Seite nach dem ersten, die der anderen nach dem zweiten Typus gebaut. Die letzteren gehören dann meist einem tiefer gelegenen Flußsystem an.

Unter den Tausenden von Tälern und Schluchten, welche die Ebene zerreißen, finden sich alle Stadien der Entwicklung, wodurch eine unerschöpfliche Menge wechselvoller Landschaftsbilder erzeugt wird. Bei näherer Prüfung aber kann man in dieser Fülle zwei charakteristische Typen unterscheiden.

Den ersten Typus veranschaulicht  Abbildung 38. Das hier dargestellte Trockental erhält sein charakteristisches Gepräge dadurch, daß es in ein Gebirge eingeschnitten ist, welches sich aus harten Kalk- und Sandsteinbänken und nur lose verkitteten Schotter- und Sandschichten in vielfacher Wechselfolge aufbaut. Diese Ablagerungen leisten den zerstörenden Kräften, wie bereits früher erwähnt, einen ganz verschiedenen Widerstand. Lange bevor sich an den Kalkbänken die ersten Spuren der Verwitterung bemerkbar machen, sind die Konglomeratbänke, die Schotter und Sande an ihrer Aufsenseite aufgelockert worden. Ein einziger kräftiger Platzregen vermag mit Leichtigkeit die nur noch lose zusammenhängenden Gerölle, ja selbst größere Blöcke aus der Wand herauszuspülen. An den Abhängen treten jetzt die vertieften Ränder der weichen Bänke als Hohlkehlen zutage. Auf den vorspringenden Kanten der härteren Schichten lagern sich bald kleine Sand- und Geröllhalden ab und verwischen das scharfkantige Relief, bis ein neuer Regengufs sie hinwegfegt, die Hohlkehlen wieder bloßlegt und der Prozeß wieder von neuem beginnt. Die harten Gesteinsbänke bleiben von diesen Vorgängen zunächst fast unberührt. Sie brechen aber in größeren Stücken nieder, wenn ihre weiche Unterlage auf die eben geschilderte Weise so tief ausgehöhlt ist, daß sie keine genügende Stütze mehr finden. Die herabrollenden Schollen schlagen auf vorstehende Kanten, die unter der Wucht des Stofses teilweise abbrechen, ein Vorgang, der in quantitativer Hinsicht nicht zu unterschätzen ist. Nebenbei arbeitet natürlich auch der Wind an der Modellierung der Wände, indem er aus den weicheren Lagen zahlreiche feinste Stäubchen und selbst gröbere Sandkörner ausbläst. Keineswegs sind wir jedoch genötigt, dem Winde eine besondere Rolle bei der Ausarbeitung einzelner Formen, wie etwa der Hohlkehlen, zuzuweisen. Sicher wird ein einziger heftiger Sturzregen mehr Material von den Wänden niederreißen und aus den Ramblas fortführen, als es eine monatelange Winderosion vermag. Würde dieser eine besonders wichtige Rolle in unserem Gebiete zufallen, so müßten am Fusse der steilen Wände der Ramblas gewaltige Schutthalden angehäuft sein und größere Stücke der niedergebrochenen Kalkbänke in den Trockenbetten liegen. Aber nichts von alledem. Alle abgestürzten Massen sind durch die Wildwasser, welche alljährlich die Trockentäler durchbrausen, fortgeschwemmt worden.

Diese Wildbäche unterwühlen außerdem stellenweise die Talwände und bringen diese so zum Einsturz. In wenigen Jahren können auf diese Weise hohe Wände spurlos verschwunden sein, während der Wind allein, nur in Verbindung mit der Verwitterung, Jahrtausende zur Beseitigung so bedeutender Massen gebraucht haben würde. Bei der Ausarbeitung dieser Täler im großen, wie der Modellierung der Wände im einzelnen hat also unbedingt das fließende Wasser die Hauptarbeit geleistet.

Der beschriebene Erosionstypus ist keineswegs an eine bestimmte Formation gebunden. Er tritt, wie oben angedeutet, überall da auf, wo sehr feste, zusammenhängende Bänke mit lockeren Schichten, Schottern oder Sanden, wechsellagern. Besonders häufig ist er dementsprechend in den von Kalkgebirgen begrenzten Randpartien der Guadix-Formation, wo die Verschiedenheiten in der Härte der einzelnen Gesteinsbänke am schärfsten ausgebildet sind. Im Innern des Beckens, wo die Gegensätze zurücktreten und das Gestein überhaupt weicher und feinkörniger wird, herrscht dagegen ein völlig anders gearteter Erosionstypus vor.

Eine charakteristische Landschaft dieser Region zeigt Abbild. 39. Mit scharfer Linie schneidet am Horizont die den Rand der Ebene bildende Bergwand ab. Ihre oberen Partien stehen vollständig frei und senkrecht, ihr Fuß aber wird verhüllt durch eine Menge von vorgelagerten Kuppen und Kuppchen. Zahlreiche enge Schluchten und Rinnen ziehen sich zwischen ihnen von der Steilwand an herab ins Tal. Während an den Steilwänden die anstehenden Schichten völlig bloß liegen, werden sie in den vorgelagerten Hügeln mehr und mehr von Schotterhalden verdeckt, bis sie in den vordersten nur noch den Kern bilden. Je weiter wir vom Hintergrund aus nach dem Ausgang der Schluchten vorrücken, desto flacher werden die Böschungen der Hügel und ihrer Schutthalden, um so größeren Widerstand leisten sie natürlich auch der Erosion, während die nackten Steilwände den erodierenden Kräften schutzlos preisgegeben sind.

Die Erosion schreitet daher ziemlich schnell nach rückwärts fort, während die Kuppen am Ausgang der Wasserrisse lange Zeit ziemlich unverändert bleiben. Die Art und Weise der Zerstörung der Wände im einzelnen zeigt deutlich Abbild. 40. Überall sind senkrechte, scharfe Rillen und Rinnen in die weiche Masse eingegraben. Es ist klar, daß diese nur durch herab rinnendes Wasser, nicht aber durch den horizontal fegenden Wind ausgearbeitet werden konnten. Noch deutlicher wird dies beim Fortschreiten der Zerstörung. Die Weiterentwicklung der Landschaftsform aus diesem Stadium hängt davon ab, ob die vom

Regen niedergerissenen Massen sofort vollständig hinwegtransportiert werden (Abbild. 41), oder ob sie sich größtenteils am Fusse der Wände ansammeln (Abbild. 42). Wäre die Winderosion vorherrschend, so könnten wir nie eine Landschaft erwarten, wie sie uns Abbild. 41 zeigt.

An den Seitenwänden der Schluchten greift natürlich die Erosion gleichfalls an. Bald ist der schmale Grat, welcher zwei benachbarte Schluchten trennt, durchsägt; die beiden Schluchten vereinigen sich, aber an ihrem Eingang bleibt ein Pfeiler zurück, das isolierte Ende der früheren Scheidewand. In ähnlicher Weise spielt sich derselbe Prozess auch im großen zwischen zwei benachbarten Tälern ab. Am weitesten vorgeschritten ist er gewöhnlich da, wo ein tiefes Nebental unter spitzem Winkel in das Haupttal mündet. Die Abbildungen 40 und 41 stammen aus einer solchen Gegend. Die ausgedehnte gerade Linie, welche auf Abbild. 39 die Landschaft nach oben hin abschließt, ist hier vollständig verschwunden. An ihre Stelle ist ein stark zerklüfteter und zerhackter Kamm getreten, der zugleich die schmale, oft nur fußbreite Wasserscheide zwischen zwei Tälern bildet. Schaut man von einem erhöhten Punkt auf dies zerrissene Land nieder, so glaubt man vor dem Modell eines Hochgebirges zu stehen. Wandert man dagegen in einem der Täler aufwärts, so werden bald die Formen sanfter. Eine Schuttdecke breitet sich schützend über das Gestein aus. Von weitem sieht die Landschaft aus wie ein riesiges Feldlager, in dem sich Zelt an Zelt reiht (Abbild. 42).

Wie wir gesehen haben, ist die Ausarbeitung der beiden beschriebenen typischen Landschaftsformen auf denselben Hauptfaktor zurückzuführen, nämlich auf die Erosionswirkung des fließenden Wassers. Es ist dies garnicht überraschend, wenn man bedenkt, daß beide Landschaften kaum 10 km weit auseinanderliegen, also unter völlig gleichen klimatischen Verhältnissen stehen.

Daß aber trotz des gleichen Werkzeuges und der gleichen Arbeitsweise so verschiedene Bilder entstehen können, ist ausschließlic in den Verschiedenheiten des Materials begründet. In beiden Gegenden herrscht zwar die schwebende Lagerung vor. In der ersten Landschaft jedoch sind die horizontalen Linien durch äußerst feste Bänke bestimmt und daher sehr schwer verwischbar. Sie müssen also unter allen Umständen zur Geltung kommen, gleichgültig, ob Wind oder Wasser auf das Gestein einwirkt. Im zentralen Teile des Beckens dagegen vermag das rinnende Wasser auch bereits die härtesten Bänke senkrecht zu durchschneiden und verwischt und übertönt durch die so gebildeten viel auffälligeren senkrechten Linien die sanften horizontalen Hohlkehlen, welche sich gleichfalls in den weichsten Schichten ausbilden. Würde der Wind allein auf diese

Wände wirken, so würde eine viel deutlichere Ausarbeitung der horizontalen Linien, welche ja auch hier in dem Gestein vorgebildet sind, erfolgen.

Als eine weitere auffällige Erscheinung in unserem Gebiet ist die nicht seltene Zeugenbildung zu erwähnen, für welche die Abbildungen 43 und 44 zwei Beispiele aus der Umgebung von Purullena bringen. Auch diese Bildungen glaube ich in unserer Gegend als Erosionsprodukte ansprechen zu müssen. Die Entstehung eines Zeugen kann Abbild. 45 veranschaulichen. Der große Block in der Mitte des Bildes mit den weißen Fassaden der Höhlenwohnungen ist auf seiner linken Seite bereits durch eine enge Schlucht vollständig von dem übrigen Gebirge abgetrennt, nur nach rechts bzw. nach hinten hängt er noch durch eine schmale Brücke mit seiner Umgebung zusammen, in welche sich gleichfalls schon eine tiefe Scharte eingeschnitten hat. Während der größte Teil der Umgebung bereits durch die zerstörenden Atmosphärien mehr oder minder stark erniedrigt worden ist, hat der Block, augenscheinlich geschützt durch eine härtere Gesteinsplatte, noch seine ursprüngliche Höhe behalten. Die Umgebung wird daher wahrscheinlich weit eher vernichtet werden und der Block dann als Zeuge zurückbleiben. Die Abtragung der umgebenden Massen aber müssen wir auch hier, wie die stark ausgeprägten senkrechten Rinnen beweisen, der Erosion zuschreiben. Die Ursache für das Übrigbleiben einzelner Zeugenberge ist wohl in Härteunterschieden des Gesteins zu suchen, die oft so unbedeutend sind, daß sie dem Beobachter entgehen, aber dennoch bei der Erosion ins Gewicht fallen. Hierfür spricht auch, daß die Zeugen auf unseren Bildern kaum eine Spur jener senkrechten Rinnen aufweisen, die dicht in ihrer Nachbarschaft so stark entwickelt sind.

Beiden Zeugen auf unseren Bildern ist endlich noch eine breite Basisterrasse gemeinsam. Diese würde man für sich allein wohl einfach als Erosionsrückstand auffassen, und doch ist sie nichts anderes als der Stumpf eines ehemaligen Zeugen. Solche Zeugenstümpfe sind ziemlich häufig, namentlich in der Nähe des ärmlichen Dörfchens Benalahua im weiten Tal des Rio Fardes. Auch die ausgeprägte Kegelform der beiden abgebildeten Zeugen weist auf die Tätigkeit des Wassers bei ihrer Modellierung hin. Bei reiner Winderosion müßten die Formen sich häufiger der eines Cylinders nähern, brechen ja auch sonst die Gesteine in senkrechten Wänden ab.

Für die Entscheidung, ob Deflation oder Erosion den Hauptanteil an der Modellierung der fremdartigen Formen hat, kann auch folgende an sich unscheinbare Tatsache wertvoll sein. Man beobachtet selten,

dafs bei einem Zeugen oder einem vorgelagerten Pfeiler eine harte Bank den allerobersten Schichtenabschluss bildet. Fast überall trägt die letzte harte Bank noch eine Kappe eines weicheren, oft löfartigen Gesteins. Die höchste Bank übt also nicht nur nach unten hin, sondern gewissermaßen auch nach oben hin einen schützenden Einfluß aus. Diese Kappen besitzen meist einen sehr flachen Böschungswinkel, so dafs das spülende Regenwasser keine großen Veränderungen an ihnen hervorbringen kann, während für die Windwirkung der Böschungswinkel gleichgültig ist. Sollte nicht der Wind, falls er die gewaltigen Massendefekte zwischen den einzelnen Zeugen bewirken konnte, vor allem die Oberfläche der höchsten Platten reingefegt haben?

Seltsamerweise findet man in dem ganzen weiten Becken keine Erdpyramiden, so geeignet auch viele Partien zu ihrer Entstehung erscheinen mögen.

Reine Deflationsformen sind gleichfalls sehr selten. Nur zwei an Pilzfelsen oder Gletschertische erinnernde Formen (Abbild.) 46 habe ich gesehen. Ob sie ihre Entstehung ausschließlic dem Wind verdanken, oder ob auch der Regen dabei mitgewirkt hat, ist bei der Seltenheit dieser Gebilde wohl ziemlich nebensächlich.

Eine Anzahl der hier geschilderten Bodenformen kommen so häufig in Wüsten vor, dafs man sie direkt als Wüstenformen bezeichnet hat. Zur Erklärung ihrer Entstehung nimmt man, den dortigen klimatischen Verhältnissen entsprechend, mit Recht die Arbeit des Windes in Anspruch. Für unsere Gegend konnten wir nachweisen, dafs die gleichen Bildungen Erosionsformen sind. Völlig verschiedene Kräfte erzeugen also in der Wüste und in unserer Steppe dieselben charakteristischen Bodenformen. Die Erklärung dieser zunächst befremdlichen Tatsache ergibt sich einfach aus folgenden Erwägungen. In beiden Gebieten sind die Niederschläge so gering, dafs sich gar keine oder wenigstens keine zusammenhängende Vegetationsdecke entwickeln kann. Andererseits fallen in regelmäßigen Zwischenräumen so heftige Sturzregen, dafs die wenigen in der Zwischenzeit angesammelten Verwitterungsprodukte immer wieder vollständig entfernt werden. Dieser gänzliche Mangel einer Verwitterungsdecke, infolgedessen das nackte Gestein überall der vollen Gewalt des Windes und Regens wie der Sonnenstrahlung preisgegeben ist, muß als die eine der beiden Hauptursachen für die Entstehung charakteristischer Bodenformen angesehen werden. Der andere Faktor ist in der Beschaffenheit des Gesteins selbst zu suchen, in seiner Struktur und seinen Lagerungsverhältnissen. Für die hier in Frage stehenden Bildungen spielt namentlich die verschiedenc

Härte der einzelnen Bänke im geschichteten, schwebend gelagerten Gebirge eine bedeutende Rolle. Die Linien, welche uns in der erodierten Landschaft entgegentreten, sind gewissermaßen im Keime schon in dem noch nicht zerstörten Gebirge vorgebildet, sodafs trotz der gänzlich verschiedenen Arbeitsweise von Wind und Wasser die gleichen Landschaftsformen resultieren müssen.

Mangel einer Schutzdecke und geeignete Gesteinsstruktur bedingen auch in ganz anderen Gegenden als in Wüsten und Steppen charakteristische Landschaftsformen. Es sei nur an die so verschiedenen Hochgebirgsbilder erinnert, welche die Kalk-Alpen und die krystallinen Zentral-Alpen bieten. Die gleichen Faktoren verleihen auch den Granit- und Gneifsgebirgen Schantungs schon in ganz geringer Meereshöhe wilden Hochgebirgscharakter.

Ausdrücklich sei noch hervorgehoben, dafs durch diese Erörterungen keineswegs die denudierende Kraft des Windes bestritten werden soll. Es sollte nur betont werden, dafs die sogenannten Wüstenformen nicht immer notwendig durch reine Deflation entstehen müssen.

Ganz kurz sei noch einer oft besprochenen Eigentümlichkeit der Steppe von Guadix und Baza gedacht, nämlich ihrer zahlreichen Höhlenwohnungen.

Die löfsartigen Gesteine der Guadix-Formation neigen sehr zur Bildung von Höhlen. Bei einer Wanderung durch die Täler des Beckens kann man solche in allen Stadien ihrer Entstehung beobachten, von der einfachen flachen Einbuchtung einer Wand mit überhängender First an bis zur wohlausgebildeten Höhle. Oft führt nur ein enger Spalt zu der dahinter liegenden unregelmäßig gestalteten Weitung, in welcher manchmal einzelne Säulen oder Wände eine Trennung in verschiedene Abteilungen andeuten. Meistens zeugen rauchgeschwärzte Wände und Decken davon, dafs selbst in den einsamsten Gegenden diese Höhlen schon Wanderern oder Hirten als Zufluchtsort dienen. Oft haben diese ihre Behausungen etwas wohnlicher zugerichtet. Gefährdende überhängende Wände sind abgetragen worden. Die Eingangsöffnung hat man regelmässiger gestaltet und durch eine kleine Dachtraufe vor dem Eindringen des Regenwassers geschützt. Im Innern ist in einer Wand bisweilen eine erhöhte Bettstatt ausgearbeitet, um das Lager nicht auf dem feuchten Boden bereiten zu müssen. Diese verschiedenen Grade der Wohnlichkeit deuten den Weg an, der im Laufe der Jahrtausende von der zufälligen Benützung der Höhlen bis zur Anlage wohlgepflegter Höhlenwohnungen geführt haben mag. Häufig schliesen sich derartige Wohnungen zu kleinen Siedelungen zusammen.

Größere Dörfer und Städte besitzen stets Höhlenkolonien, die oft ebensoviel Einwohner zählen mögen wie der eigentliche Ort. Natürlich sind es immer ärmere Leute und namentlich Zigeuner, die in den Höhlen hausen. Übrigens sind diese keineswegs so unwohnlich, als man auf den ersten Augenblick, beeinflusst durch den Namen, glauben möchte. Die Fassade ist meist gemauert, weiß getüncht und mit einer Dachtraufe versehen. Eine Tür, zu beiden Seiten von je einem Fenster flankiert, führt zu dem in regelmäßiges Rechteck angelegten Innern mit wohlgeglätteten Wänden. Dem ersten Wohnraum schließt sich oft noch eine zweite, ja dritte geräumige Kammer an. Selbst Ställe sind bisweilen vorhanden. Der Hausrat ist der übliche des andalusischen Bauern, namentlich fehlen nie die gewöhnlich zur Seite der Tür aufgestapelten großen porösen Wasserkrüge (Alkarazzos). Über der Herdstelle ist die Decke durchbrochen, in der Regel ist auch ein primitiver Schornstein vorhanden. Mancher Bergabhang ist dicht besetzt mit rauchenden Essen, zwischen denen sich nach allen Richtungen Pfade hindurchschlängeln. So seltsam uns diese Höhlenwohnungen in der Beschreibung anmuten, so wenig fallen sie in der Natur selbst auf. In der wildzerrissenen Steppe, wo die Natur gewissermaßen schon Häuserblocks mit Gassen und Straßen dazwischen geschaffen hat, fügen sich diese Anlagen als ganz selbstverständliches, naturnotwendiges Glied in die Landschaft ein. Häuser fallen hier mehr auf als Höhlenwohnungen.