

3. Zur Geologie der Höhlen des Schwäbischen Albgebirges.

I. Der Bau der Gutenberger Höhle.

Von Herrn KARL ENDRISS in Stuttgart.

Hierzu Tafel V.

Einleitung.

Die Höhlenforschung hat sich bisher hauptsächlich in paläontologisch-anthropologischen und biologischen Arbeiten bethätigt. Der geologische Bau, die ureigene Natur der Höhlen, ist mehr oder weniger unbeachtet geblieben. Nur wenige Werke behandeln die Höhlentektonik genügend eingehend. Grössere Specialarbeiten über den Bau bestimmter Höhlengebiete sind bis jetzt nur spärlich vorhanden. Ein Werk dieser Art, welches verdient, besonders hervorgehoben zu werden, ist die Arbeit von J. KLOOS, die Hermannshöhle bei Rübeland im Harz 1889. Es ist klar, weshalb die Höhlenforschung namentlich in anthropologisch-paläontologischer und biologischer Richtung thätig war. Die Entwicklung der gesammten Naturwissenschaft war dafür bestimmend. Seit ungefähr 100 Jahren giebt es eine systematisch betriebene geologische Forschung. In fossilienreichen Gebieten, und solchen wandte sich zuerst beinahe allein das Interesse zu, hat dieselbe mit der Sammlung vorweltlicher organischer Reste begonnen, aus welcher Arbeit sich stratigraphische und paläontologische Untersuchungen entwickelten. Als am Anfang dieses Jahrhunderts in fränkischen und englischen Höhlen Funde von fossilen Thierresten gemacht wurden, waren bei den Geologen die Fragen über die Veränderungen der vorzeitlichen Lebewelt an der Tagesordnung. Die Höhlen, bisher in der Naturwissenschaft wenig behandelt, erweckten besonders das Interesse der Paläontologen. Dieses Interesse, noch gesteigert durch die Auffindung von wichtigen prähistorischen Artefakten in Höhlen, beherrschte und beherrscht noch immer die Thätigkeit der meisten Höhlenforscher. Die Arbeitsfelder der Paläontologie und Anthropologie sind in solchen Fällen auch so gross und so reich, dass erschöpfende Untersuchungen immer be-

deutende Arbeit erfordern und die Thätigkeit der Forscher vollständig in Anspruch nehmen müssen. Während zahlreiche Höhlen in anthropologisch - paläontologischer Hinsicht erforscht wurden, erfuhren auch manche Höhlen eine Untersuchung der recenten Höhlenfaunen, die durch ihre Eigenarten bald das Auge der Fachmänner auf sich gezogen hatten. Die theilweise so sehr auffälligen Tropfsteingebilde vieler Grotten und Höhlen wurden ebenfalls vielfach untersucht. Die allgemeine Tektonik, der Verband der Höhlen mit dem Gebirgsgefüge, blieb dagegen zunächst unerörtert. Erst dadurch, dass die geologische Forschung im Laufe der beiden letzten Decennien sich mehr dem Bau der Gebirge im grossen zugewendet hat, einer Aufgabe, deren Behandlung erst auf Grundlage der zahlreichen stratigraphischen Arbeitsresultate aussichtsvoll geworden war, ist auch die Zeit für die Untersuchung der Höhlen-tektonik gekommen.

Die mannigfach gestalteten Höhlen der Schwäbischen Alb erregten erstmals im Frühjahr 1887 meine Aufmerksamkeit. Besonders war es das Gebiet der Randecker Plateauhalbinsel und deren nächster Umgebung, von dessen Höhlen ich damals manche, theilweise in Begleitung des Herrn Pfarrer GUSSMANN in Gutenberg, in Augenschein nahm und dabei die Ueberzeugung gewann, dass die Albhöhlen für die geologische Forschung ein weites ergiebige Feld bieten müssten.

Am 27. August 1889 gründete eine kleine Gesellschaft von Freunden der Naturwissenschaft, worunter sich auch Herr Pfarrer K. GUSSMANN und ich befanden, unter dem Namen „Schwäbischer Höhlenverein“ einen Verein zur wissenschaftlichen Erforschung schwäbischer Höhlen, und zwar in Anbetracht des von Herrn GUSSMANN zur Sprache gebrachten Umstandes, dass bisher für die wissenschaftliche Untersuchung der Albhöhlen verhältnissmässig wenig geschehen sei. Der „Schwäbische Höhlenverein“ hat zu seinen Hauptaufgaben bestimmt: Erforschung schwäbischer Höhlen in geologischer, paläontologisch-anthropologischer, zoologischer und botanischer Hinsicht. Es war im Monat Mai 1890, als ich die während des Winterhalbjahrs 1889/90 durch den Vereinsvorstand K. GUSSMANN für den „Schwäbischen Höhlenverein“ erschlossene Gutenberger Höhle zum erstenmal besichtigte und die interessante Erscheinung derselben mir den Anlass bot zur Ausführung eines schon lange gehegten Planes, die Tektonik der Albhöhlen einem gründlichen Studium zu unterziehen. Die erforderlichen Arbeiten, welche durch den „Schwäbischen Höhlenverein“ wesentliche Unterstützung fanden, begann ich im Monat Juli und brachte dieselben Mitte Oktober 1890 zu einem einstweiligen Abschluss. Die nachfolgenden Berichte sollen den ersten Theil einer Reihe von Mit-

theilungen über den Bau der Albhöhlen bilden. Dem „Schwäbischen Höhlenverein“, insbesondere den Herren: Pfarrer KARL GÜSSMANN in Gutenberg. Pfarrer Dr. FR. LOSCH in Erkenbrechtsweiler, Freiherr ERWIN SCHILLING VON CANNSTATT in Ueberlingen, Pfarrverweser H. SCHULER in Ulm und Lehrer SCHMIERER in Gutenberg erstatte ich hiermit für die thatkräftige Hilfeleistung bei meinen Untersuchungen innigen Dank.

Im nachfolgenden wird hauptsächlich der Bau des im südlichen Theil der Randecker Plateauhalbinsel befindlichen Gutenberger Höhlensystems beschrieben.¹⁾

Meine Untersuchungen haben gezeigt, dass das besagte Höhlensystem spaltentektonisch zur Tektonik des Grundgebirges vom Randecker Maar und Schopflocher Ried gehört. Bei der hohen Bedeutung des letzteren Gebietes für den Bau der Gutenberger Höhlen ist es angezeigt, dass ich als Einleitung zu meinen Mittheilungen über dieselben eine kurze Schilderung der im Grundgebirge des Randecker Maars und des Schopflocher Riedes vorhandenen Spaltentektonik vorausschicke. Im Anschluss daran folgt eine kurze Beschreibung der Wolfsschluchthöhle, welche spaltentektonisch unmittelbar mit der Tektonik vom Grundgebirge des Schopflocher Riedes zusammenhängt. An diese Beschreibung reihen sich die Mittheilungen über die „Gutenberger Höhle“ an.

I. Die Randecker Senke.

In meiner Arbeit „Die Geologie des Randecker Maars und des Schopflocher Riedes“ habe ich angeführt,²⁾ dass die genannten etwa $\frac{1}{2}$ km von einander entfernten Gebiete sich in einer orographischen Senke befinden, welche die Randecker Plateauhalbinsel ungefähr von SSW nach NNO in einer Länge von circa $3\frac{1}{2}$ km von Steilrand zu Steilrand durchzieht; ferner, dass beide sich von den ost- und westwärts gelegenen Höhenzügen durch die Einlagerung von eruptiven Trümmergesteinen und die intensive Zerklüftung des Grundgebirges³⁾ unterscheiden. In jener Senke ordnen sich die einzelnen orographischen Unterabtheilungen wie

¹⁾ Zur Orientirung über die topographischen Verhältnisse dient „Blatt Kirchheim des topograph. Atlas von Württemberg 1 : 50000. 1888.

Zur Orientirung über die allgemeinen geologischen Verhältnisse benutze man: „DEFFNER, Blatt Kirchheim der geognostischen Karte von Württemberg. 1 : 50000. 1872 (mit Text)“, und „ENDRISS, geologische Karte des Randecker Maars und des Schopflocher Riedes 1 : 25000 mit zugehörigen Profilen (und Text). Diese Zeitschrift XLI. 1889, Taf. IX und X (Text p. 83).“

²⁾ Diese Zeitschr. XLI. 1889, p. 84—89, 108—111 und 121—123.

³⁾ Weisser Jura δ Qu. und Weisser Jura γ Qu. (vorwiegend Kalksteinschichten).

folgt an. Am nördlichen Steilabfall befindet sich das im Allgemeinen nach Norden gerichtete Zipfelbachthal. An dasselbe reiht sich am Steilrand nach Süden dessen Hauptwassersammler, das Randecker Maar. In weiterer Fortsetzung folgt zuerst das Gereuth, ein niedriger Höhenrücken, welcher den höchsten Punkt der Senke besitzt, hernach die grosse Einsenkungsfläche des Schopflocher Riedes, deren nördlicher Theil lediglich als Versickerungsmulde dient, während der kleinere durch eine schwache Bodenwelle abgetrennte südliche Theil im Grossen und Ganzen als Theil eines Wassersammelbeckens eines sich nach Süden anschliessenden Thals aufzufassen ist. Letzteres, der Plateaulauf des Tiefenthals, erstreckt sich bis zum südlichen Steilabfall.

Zwei Thalbildungen, einerseits das Zipfelbachthal und dessen Sammelgebiet, das Randecker Maar, andererseits das Tiefenthal mit seinem Plateaulauf und dessen Sammelgebieten arbeiten in entgegengesetzter Richtung, und zu gleicher Zeit ist zwischen den Ausgangspunkten beider im Gebiete des nördlichen Riedes eine nach Versickerungsstellen wirkende Erosion thätig. Die beschriebene Senke ist durch die strenge Innehaltung einer bestimmten Hauptrichtung in ihrer Längserstreckung und durch die mehr oder weniger intensive Zerklüftung ihres Grundgebirges ganz besonders ausgezeichnet¹⁾. Letztere ist in den Gebieten des Randecker Maars und des Schopflocher Riedes am stärksten, im Plateaulauf des Tiefenthals und am Gereuth am schwächsten entwickelt. Während an den beiden ersteren Stellen meist eine förmliche Zerstückelung constatirt werden kann, finden sich an den letzteren und den übrigen Punkten der Senke nur vereinzelt stärkere Klüftungen. Was die Klüfte selbst anbelangt, so ist zunächst hervorzuheben, dass die eine grössere Ausdehnung besitzenden Spalten in der Regel vertikal gestellt sind. Die am meisten vertretenen Richtungen sind h 1, 7, 8, 9 und h 10. Kleine Abweichungen von diesen Hauptrichtungen kommen häufig vor. Man kann sagen, dieerspaltung hat sich vornehmlich in h 1, 1^{1/2}, 8, 9, 10 und in h 12 geltend gemacht. Auch in der nächsten Umgebung der Senke, in den Höhenzügen Schafbuckel-Mönchberg und Bühl-Asch ist die Klüftung im Allgemeinen in denselben Richtungen ausgebildet, jedoch ist sie nicht von der Stärke wie in der Senke. Die Spalten im Grundgebirge der Senke sind häufig klaffend, an manchen Stellen treten sie dicht geschaart in Zügen auf, local ist das Gestein tief hinein zerstückelt, das Schichtengefüge in Blockwerke aufgelöst.

¹⁾ Im Allgemeinen gehen die Stufen des Weissen Jura gleichmässig durch die Randecker Plateau-Halbinsel. Im Gebiete der Randecker Senke sind sie nur stärker geklüftet und etwas eingesunken. Besondere Verwerfungsspalten konnte ich bis jetzt nicht nachweisen.

Es ist im Algebiete eine häufige Erscheinung, dass das Gebirge in langen schmalen Streifen besonders stark zerklüftet ist; ein solcher Streifen, eine solche Zone stärkerer Zerklüftung, freilich hier im Grossen, scheint das Grundgebirge der Randecker Senke zu durchziehen. Der Umstand, dass die Richtung der Senke nicht nur in zahlreichen Klüften ihres Gebietes, sondern auch in der Kleinklüftung und in den Hauptspalten der Randecker Plateauhälfte überhaupt, ja selbst in der Klüftung des Gebirges der weiteren Umgebung¹⁾ wiederkehrt, giebt der eigenartigen Erscheinung erhöhte Bedeutung. Wodurch jene Richtung bestimmt wurde, weshalb gerade im Gebiet der Randecker Senke eine so hochgradige Zerreiſung entstehen musste, müssen noch offene Fragen bleiben.

Jedenfalls ist die Spaltung im Gefolge geodynamischer Vorgänge entstanden und hat zur Entstehung des Randecker Vulkans wesentlich beigetragen. Es liegt auch nahe, in jener Zerreiſung eine Hauptursache für die Bildung der Senke zu erblicken. Das fließende Wasser hat wohl dabei die grösste Arbeit ausgeführt, aber seine Wege waren durch den geologischen Bau vorgezeichnet.

II. Die Wolfsschluchthöhle.²⁾

Am südlichen Steilabfall durchschneidet die Sohle des Plateaulaufs vom Tiefenthal die massigen Spongiten-Kalke des Weissen Jura δ . (= W. J. δ .); in tiefem Steilabsturz setzt die Thalbildung weiter in dem Hauptrinnthal des Steillaufs der sog. Wolfsschlucht. Beinahe unmittelbar unter dem Ausgang des Plateauthals befindet sich hier eine vom Steilhang aus zugängliche Höhle. Eine 1,75 m hohe Felsenpforte führt durch rissigen Spongiten-Kalk (W. J. δ .) in das Berginnere. Zunächst leitet ein breitgewölbter, nach Norden gerichteter, wenig ansteigender, 7 m langer Gang zu einer grösseren, an höchster Stelle etwa 3,50 m hohen dreieckigen Halle, deren östliche Wand (Länge etwa 6 m) die direkte gleichlaufende Fortsetzung der rechten Gangwandung bildet. In dieser Halle steigt die Decke nach Westen an. Der Boden im Gang und im Osttheil der Halle ist künstlich durch Ausgrabung hergestellt,³⁾ dagegen an den übrigen Stellen in natürlichem Vorkommen erhalten. Die Wände der Halle, in massigem Schwammkalk (δ) ausgebildet, sind rau, in der Regel von schneeweisser Montmilch überzogen oder von gewöhnlichem Tropfstein überkleidet; fehlen diese Mineralneubildungen, so erinnert das Aussehen an einen grosslöcherigen Badeschwamm, die Farbe ist dann ein schwach metallglänzendes Dunkelbraungelb.

¹⁾ DEFFNER, Begleitworte zur geognostischen Karte von Württemberg, Atlasblatt Kirchheim 1872, p. 58.

²⁾ Erschlossen vom Schwäbischen Höhlenverein 1890.

³⁾ Tiefe des künstlichen Einschnittes 3—6 dm.

Der natürliche Boden der Höhle wird von einer stalagmitenreichen, bis 2 dm mächtigen Kalksinterdecke gebildet. Unter derselben lagert dunkelgelbbrauner Lehm mit eingesprengten eckigen, meist plattigen Kalkstücken, welche fast durchweg höheren Horizonten des Malms entstammen. Diese Einsprenglinge treten in einzelnen Zonen auf und rufen so local deutliche Schichtung hervor. Die Lehm-Schottermasse steigt im Gang unter einigen Graden nach Norden, und in der Halle unter circa 20—30° nach deren westlicher Ecke an. Die Lagerung und der petrographische Charakter, vor allem die Führung von Malmgesteinen, welche nicht dem Horizont der Höhle (Spongiten-Kalk, W. J. δ .), auch nicht dem die Halle deckenden Gebirge eigen sind, sondern geologisch höheren, heute mehr oder weniger entfernt von diesem Orte anstehenden Stufen entstammen, weisen darauf hin, dass die gesammte Trümmerablagerung in den unterirdischen Hohlraum eingeschwemmt wurde. Der steiler ansteigende Theil ist als Schuttkegel aufzufassen. Unmittelbar in der Fortsetzung der Hauptrichtungslinie¹⁾ seiner Oberfläche h 11 führt an der höchsten Stelle des Kegels eine enge Nische (Nische α) weiter, in welcher Blöcke das weitere Vordringen verhindern. Die Einschwemmungsstrasse setzt also zunächst nach h 23 fort.

Wie tief in der Vertikalen die Alluvionen in der Halle abgelagert sind, ist noch nicht ermittelt. Am Eingang beträgt die Mächtigkeit unter dem durch Ausgrabung hergestellten Boden circa $\frac{1}{2}$ m. An dem von der Höhlenpforte, beziehungsweise deren Vorplatz abwärts ziehenden Steilhang tritt in einer Tiefe von $\frac{1}{2}$ —1 m das Grundgebirge zu Tage, und zwar die Stufe der die massigen Kalke (W. J. δ .) unterlagernden Kalksteinbänke des unteren W. J. δ . Von einer Kluft oder Höhle ist hier nichts mehr zu sehen; nur mehr oder weniger geschlossene Spalten durchsetzen in den Richtungen h 8/10, 12/10, 6/10 das Gebirge. Am Höhleneingang befinden sich gleichgerichtete Klüfte in den massigen Kalken. Im Gang lässt sich eine deutliche Klüftung in h 8/5 und 12/5 wahrnehmen. In der Halle zieht eine Klüftung in h 11 zur Nische α . Die weitere Ausdehnung der Höhle scheint hauptsächlich in der Fortsetzung der Halle nach h 24 zu liegen. Das am Steilabfall in der nächsten Umgebung der Wolfsschlucht aufgeschlossene Grundgebirge zeigt eine Hauptklüftung in den Richtungen h 12/10, 6/10, 8/10 und h 10/10. Das Mittel aus diesen Richtungen h 9/10 kehrt auch im Verlauf des südlichen Theils des Plateaulaufs vom Tiefenthal,²⁾ dem sogenannten Spaltenteich wieder.

¹⁾ Mittlere Richtung der grössten Ausdehnung des Schuttkegels.

²⁾ Südlichster Theil der Randecker Senke.

III. Das Gutenberger Höhlensystem.

a) Anordnung der Höhlen.

Etwa 160 m von der Wolfsschluchthöhle auf ungefähr gleicher Horizontalen nach Osten entfernt befindet sich am Steilabfall der Eingang zum Gutenberger Höhlensystem (Meereshöhe ca. 700 m). Ein 3,20 m hohes und 5,5 m breites, in massigem Spongiten-Kalk ausgebildetes Portal führt in eine schon längst bekannte Grotte, das Heppenloch. Nördlich von dieser Grotte reiht sich an dieselbe ein System von Hohlräumen, welches während des Winterhalbjahrs 1889/90 durch den „Schwäbischen Höhlenverein“ unter der Leitung von K. GUSSMANN erschlossen wurde. Etwa 14 m östlich einer vom Mittelpunkt der Heppenlochhalle in der Richtung $h\ 1\frac{1}{2}$ in's Berginnere gezogenen geraden Linie wird das Gebirge von einem in $h\ 1-1\frac{1}{2}$ streichenden gewöhnlich 3—4 m breiten Höhlenzuge (Höhlenzug O) durchsetzt. Der erschlossene Hohlraum desselben beginnt ca. 60 m und endigt ca. 120 m vom Steilabfall entfernt. Etwa in der Mitte seiner Längserstreckung sackt die westliche Höhlenwandung westwärts aus und bildet mit der in ihrer Flucht unverändert bleibenden Ostwand eine Halle von nahezu dreieckigem Grundriss, die sogenannte Theilungshalle. Nord- und Südecke derselben liegen im Höhlenzug O. Von der Westecke erstreckt sich parallel mit dem Höhlenzug O bei einer Entfernung von 6—8 m, allerdings nur nach Süden, ein zweiter Höhlenzug (Höhlenzug W), dessen Breite ca. 1,50 m beträgt. 70 m von der Westecke der Theilungshalle entfernt mündet derselbe in eine grosse Halle, die Halle E ein. Dieselbe hat die gleiche Lage wie die erwähnte Theilungshalle. An der nordöstlichen oberen Ecke der Halle zweigt in $h\ 22$ ein 1.2 m breiter Sackgang (Gang α) ab, die einzige Höhle, welche von der Hauptrichtung des Systems bedeutend abweicht. Im Südwesten der Halle E reiht sich an dieselbe ein 4—7 m breiter, in $h\ 2\frac{1}{2}$ streichender Hohlraum, das bereits erwähnte Heppenloch an. Obwohl letzteres gegenüber den übrigen Höhlen des Systems mehr nach Westen gerichtet ist, lässt sich doch auch hier eine gewisse Herrschaft der Hauptrichtung $h\ 1-1\frac{1}{2}$ erkennen. Fällt doch das Heppenloch in die Verlängerung des 2. in $h\ 1-1\frac{1}{2}$ gerichteten Höhlenzuges.

Die Hauptzüge in dem Bau des Gutenberger Höhlensystems sind also: Zwei in der Horizontalen nebeneinander parallel verlaufende in $h\ 1-1\frac{1}{2}$ langgezogene Hohlräume werden durch eine, im Grundriss dreieckige Halle verbunden. Von den drei Wänden dieser Halle fällt die eine mit der östlichen Wandung des Höhlenzuges O zusammen. Die Kante der beiden anderen Wände liegt im westlichen Hohlraum. Dieser setzt über die Halle hinaus

nicht fort, während dagegen der östliche Höhlenzug sich noch weiter hinein ins Gebirge erstreckt. Südlich von der ersten Halle zweigt vom Höhlenzug W nach Osten ein zweiter, grösserer Nebenraum ab.

b) Das Grundgebirge.

1. Stratigraphie.

Die freien Hohlräume des Gutenberger Höhlensystems liegen zum grössten Theil im Horizonte der Stufe W. J. Ob. δ .¹⁾ Dieselbe streicht im Allgemeinen in $h\ 3\frac{1}{2}$ und fällt unter $1-3^0$ nach SO. Im Liegenden eines Schichtencomplexes plattiger grauer Kalksteine²⁾ führt die Stufe zu oberst massigen Spongiten-Kalk (oberes Ob. δ .), an welchen sich in einer Tiefe von 5 m eine ca. 2 m mächtige Reihe von Bänken eines gelblich grauen, local oolithischen Kalksteins (mittleres Ob. δ .) anschliesst. Unter diesen Kalkbänken lagern wiederum massige cavernöse Spongitenkalke, wie im oberen Theil der Stufe, mit sporadisch eingelagerten Feuersteinknollen. An einzelnen Stellen ist das Gestein marmorartig beschaffen, ab und zu kommen auch dolomitische Parteen vor. Nach unten nehmen die Kalke etwas Schichtung an. Etwa 11 m unter der Sohlfläche des mittleren Theils der Stufe folgt das Liegende des Ob. δ ., festgeschlossene dicke Bänke eines blaugrauen oder gelblich grauen, local oolithischen Kalksteins³⁾ mit *Cidaris coronata* Ag. und *Rhynchonella lacunosa* Qu. (Spongien kommen vereinzelt vor). Von den hohlen Räumen des Gutenberger Höhlensystems befinden sich das Heppenloch, die Halle E, der Höhlenzug w, der nördliche Theil des Höhlenzuges O und die Theilungshalle nur im unteren Horizont des W. J. Ob. δ . Der südliche Theil des Höhlenzuges O und der Gang α ragen dagegen auch in andere Horizonte hinein. So erstreckt sich der erstere an seinem Südende, „in der Klamm“ 8 m tief in die festen Bänke des Unteren δ . und reicht wahrscheinlich in seinen obersten, nicht untersuchbaren Theilen in das Hangende des W. J. Ob. δ . hinein. Der Gang α befindet sich an seinem Eingang im unteren Horizonte des Ob. δ ., in seinem weiteren Verlauf dagegen durchsetzt er die Kalkbänke des mittleren Horizontes des W. J. Ob. δ .

2. Spaltentektonik.

Bei den nachfolgenden Betrachtungen hat als vorausgesetzte Annahme zu gelten, dass die Spaltenzüge im Allgemeinen primäre, die Höhlen sekundäre Erscheinungen sind. Von den tektonisch

¹⁾ In der Stufe W. J. δ . QUENSTEDT's werden hier zwei Unterstufen unterschieden und zwar Unteres δ . des Weissen Jura (W. J. Unt. δ .) und Oberes δ . des Weissen Jura (W. J. Ob. δ .).

²⁾ Wahrscheinlich W. J. ζ . nach QUENSTEDT.

³⁾ W. J. Unt. δ .

wichtigen Spalten, welche durch ein gewisses System und weite Verbreitung charakterisirt werden und welche allein hier in Betracht kommen, sind die erst durch die Höhlenbildung hervorgerufenen Spalten, wie z. B. Wandabblätterungs-, Deckenabklüftungsrisse, scharf zu trennen. Es handelt sich also um die Fragen: In welcher Beziehung steht der Bau der Höhle zu der Spaltentektonik, lassen sich Einflüsse der Spalten auf die Ausbildung der Hohlräume nachweisen? Bei der Untersuchung der Spaltentektonik des Grundgebirges hat es sich gezeigt, dass zwischen dem Bau der Hohlräume und dem Bau der Spalten innige Beziehungen bestehen, dass die Spaltenzüge sozusagen die Grundlage für die Ausbildung des Höhlensystems abgeben.

Im Südtheil des Höhlenzuges O bildet die sogenannte Klamm (Länge 12 m) eine klaffende, an den Wänden allerdings von der Erosion benagte Spalte (Einkerbungen durch Sickerwassererosion), welche in h 1—1 $\frac{1}{2}$ der Hauptrichtung des Gutenberger Höhlensystems verläuft. Das seitliche Grundgebirge wird gebildet durch die festen dicken Kalkbänke des W. J. Unt. δ ., welche in h 3 $\frac{1}{2}$ streichen und nach SO unter c. 2 $^{\circ}$ einfallen. Zu bemerken ist ferner, dass der östliche Gebirgstheil von der Spalte um ca. 2 dm gegen den westlichen abgesunken ist. Etwa 7 m über dem tiefsten Punkt der Klamm, gerade in der Höhe des Stufenwechsels Unt. δ /Ob. δ . schliessen Blöcke und Kleinschutt die enge Kluft. Ueber diesem Schutt befindet sich ein weiterer Hohlraum; ca. 12 m hoch und 3 m breit bildet derselbe die direkte Fortsetzung des ebenso hohen und ziemlich ebenso breiten, aber um ein Erhebliches längeren Gussmannsdoms (Länge 11 m). Der feste Lehmboden desselben, welcher nur wenig nach Süden geneigt ist, liegt an seinem Südende, am Eingang zur Klamm, nur einige Meter tiefer als der Schuttboden jenes die Klamm überlagernden Raums. Zweifellos gehört der letztere Raum tektonisch zur Klamm. Die Spaltung ging selbstverständlich nicht nur durch die Stufe der festen Kalkbänke des Unter δ ., sondern auch durch höhere und tiefere Etagen. In dem durch die grosse chemisch-physikalische Ungleichheit der Theile so sehr ausgezeichneten, massigen Spongiten-Kalk bewirkte die Spaltung eine reiche Zersplitterung, in den festen Kalkbänken dagegen erzeugte sie eine einfache Klüftung. Nachdem der Spaltungsprozess vollzogen worden war, war in den massigen Kalken, den denudierenden Agentien eine grosse Oberfläche zum Angriff gegeben, eine Fläche, welche die in den festen Kalkbänken vorhandene Fläche an Grösse bedeutend übertraf. Es hat deshalb in dem Horizonte der massigen Kalke eine ungleich grössere Ausräumung als in den festen Bänken stattfinden müssen. Der Ausbildung der Klamm und des sie überlagernden, nur durch eine Schuttmasse von ihr getrennten Hohlraums liegt offenbar eine

Spaltungszone zu Grunde. Die verschiedene Weite der beiden Räume wurde bedingt durch die verschiedene Beschaffenheit des Grundgesteins, im festern Unt. δ . die enge Kluft, im lockeren Ob. δ . die weite Höhle. In der unmittelbaren Fortsetzung des über der Klamm befindlichen Hohlraums liegt, wie schon erwähnt, der Gussmannsdom. Die Decke¹⁾ desselben entzieht sich bei der bedeutenden Höhe des Raumes der genauen Beobachtung. Lehmassen, welche den Boden des Domes bilden, verdecken den Felsuntergrund. Es lassen sich also gerade die für eine Beziehung zur Klammspalte wichtigen Theile nicht untersuchen. Aber die genaue Uebereinstimmung vom Bau des Gussmannsdoms mit der Tektonik der die Klamm überlagernden Höhle und namentlich die Lage des ersteren in der unmittelbaren Verlängerung der Spaltungszone des Klammgebiets lässt den sichern Schluss ziehen, dass auch dem Gussmannsdom in seiner Ausbildung die Zerreißungszone der Klamm (Zerreißungszone I) zu Grunde liegt. An dem nördlichen Ende des Gussmannsdoms befindet sich ein Spaltenzug in h 9/14. In demselben liegt an der Westwand eine kleine Nische (am Observatorium), an der Ostwand ein in h 9/14 verlaufender Gang, welcher in einer kleinen Kammer endigt. Unmittelbar nördlich von diesem Spaltenzug dehnt sich eine im Allgemeinen vertikal von O nach W ziehende Wandung aus, welche den Gussmannsdom im oberen Theil nach Norden abschliesst. Nur ein 2 m hoher und 2 m breiter Gang (Gang X der Tafel) führt unter dieser Wand weiter und stellt eine Verbindung mit der Theilungshalle her. Derselbe fällt vollkommen in die direkte Fortsetzung des Gussmannsdoms und es liegt nahe, auch für seine Bildung die Zerreißungszone vorauszusetzen. Das Grundgebirge der Decke, massiger, local marmorartiger Spongiten-Kalk, ist auch von Spalten in h 1 $\frac{1}{2}$ durchsetzt. Welche Umstände es waren, die die im Verhältniss zu den südlicheren Räumen geringere Höhe des Ganges bedingt haben, ist schwer zu ermitteln. Ein solcher Unterschied im Bau der Hohlräume ist aber gerade mit der Tektonik eines Zerreißungsgebietes sehr leicht in Beziehung zu setzen. Eine Zerreißungszone hat nicht in allen ihren Theilen eines bestimmten Horizontes die gleiche Stärke der Zerklüftung; es gab bei ihrer Bildung immer Stellen maximaler und minimaler Spannung, seien nun dieselben durch die Gesteinsbeschaffenheit in der Zone oder durch physikalische Einwirkung der Umgebung bestimmt gewesen.

In der nördlichen Verlängerung des Ganges X befindet sich jenseits der Theilungshalle der Nordtheil des Höhlenzuges O. Der

¹⁾ Höhe des Gussmannsdoms: im südl. Theil (an der Klamm) ca. 12—14 m, im nördl. Theil (am Gange X) ca. 7 m.

stetig nach N ansteigende lehmige Boden desselben liegt am Eingang ca. 3 m, am Ende etwa 5,5 m über dem Boden im Nordtheil des Gussmannsdoms. Die im Allgemeinen in einer Höhe von ca. 3 m befindliche Decke, welche ebenfalls nach Norden ansteigt, ist local von in der Haupttrichtung der Höhle verlaufenden Spalten durchzogen. An zwei Punkten biegt der Höhlenzug etwas von seiner Haupttrichtung ab, es ist dies in Umbiegung 1 und 2. Gerade an diesen Stellen treten auch besondere Spaltenzüge auf. Umbiegung 1 lenkt nach NO und zwar ungefähr in der Halbierenden des von der Richtung der Haupterstreckung der Höhle und der Richtung des Spaltenzuges 1 gebildeten Winkels ab. Umbiegung 2 biegt nach Osten, etwa in der mittleren Richtung zwischen der Richtung der Haupterstreckung der Höhle und der Richtung des Spaltenzuges 2 (h 10/10). Nördlich von Umbiegung 2 setzt die Höhle in der Richtung des Spaltenzuges 2 weiter. Letzterer durchzieht hier das Gebirge der westlichen Wand.

Im Bau des Nordtheils vom Höhlenzug O blickt die Spalten-tektonik auf das schärfste hervor. Ein Hauptspaltenzug, welchen man nur als einen weiteren Theil der Zerreißungszone I auffassen kann, wird an zwei Stellen durch Querspaltenzüge in seinem Verlauf unterbrochen, an der einen Stelle nur auf eine kurze, an der anderen auf eine längere Strecke.

Zwischen dem nördlichen und südlichen Theil des Höhlenzuges O, also auch in der denselben durchsetzenden Zerreißungszone I, liegt die Theilungshalle. Von der Decke derselben ragt, in h 12 streichend, eine starke Riefe von Grundgebirge herab. Das zwischen derselben und der südwestlichen Wandung befindliche Deckengewölbe wird von Spalten, in h $9\frac{1}{2}$ durchsetzt. Dieselben scheinen nur eine locale Erscheinung zu sein, denn sie dringen nur durch die nordwestliche Wand der Halle, dagegen nicht durch die östliche Wandung des Ganges X, welche Fläche durch ihre Verlängerung getroffen werden müsste. Ich fasse diesen localen Spaltenzug (Spaltenzug t) daher als Abzweigung von der Zerreißungszone I auf.

Was die Einwirkung der Spalten auf die Gestaltung der Theilungshalle betrifft, so ist es unzweifelhaft, dass der Ausbildung der südwestlichen der Spaltenzug t, der Bildung der Ostwand der Hauptspaltenzug der Zerreißungszone I (die Decke zeigt starke Spalten in h $1\frac{1}{2}$) zu Grunde liegt. In welcher Weise die Ausbildung der nordwestlichen Wand von der Spalten-tektonik beeinflusst wurde, ist nicht so leicht zu sagen. Zwar hat dieselbe eine starke Abklüftung in h 6; doch fragt es sich, ob dieselbe aufzufassen ist als eine primäre, mit den erwähnten Hauptklüftungen direkt zusammenhängende Spaltung, oder als eine sekundäre,

nur durch die gegenwärtigen Eigenschaften der Wandung, Ueberhängen etc. bedingte Erscheinung, also als eine gewöhnliche Wandabblätterung, wie sie überhaupt an den Wandungen der Gutenberger Höhlen sehr häufig aufzutreten pflegt. Die Theilungshalle besitzt also auch ihre Spalten und auch bei ihr lassen sich Beziehungen von Spaltenzügen zur der Ausbildung des Hohlraums nachweisen. In gleicher Weise ist dies beim Höhlenzug W der Fall.

Der Höhlenzug W unterscheidet sich von seinem östlichen Nachbar durch die geringeren Dimensionen. Im Mittel nur $2\frac{1}{2}$ m hoch besitzt er meist die Breite von 1,50 m; nur an zwei Stellen ist die Ausdehnung in Breite und Höhe eine grössere, in der Gothischen und in der Maurischen Halle. Der interessante Bau ist in seinen Hauptzügen an Spalten geknüpft. Zwar lassen sich nicht überall seiner Längserstreckung parallel gehende Spalten nachweisen; jedoch die strenge Innehaltung der Hauptrichtung und das an einigen wichtigen Stellen vorhandene, geradezu typische Verhältniss von Spaltung zu Höhlung weisen darauf hin, dass auch diesem Höhlenzug durchweg eine Zerreiassungszone (Zerreiassungszone II) zu Grunde liegt. Die Verschiedenheit des Grades der Lockerung ist ja auch besonders charakteristisch für eine Zerreiassungszone.

Das Grundgebirge des Höhlenzuges W wird an vielen Stellen von in der Richtung der Höhlung verlaufenden Spalten durchsetzt. Die Hauptrichtung der Spalten ist dieselbe, wie diejenige des Höhlenzuges, h $1-1\frac{1}{2}$. Am besten sind diese Verhältnisse im Raum zwischen der Doppelkammer 4 und der Kammer 7 zu beobachten. Die Krümmungen der hier in der Mitte des Deckengewölbes befindlichen Hauptspalten stimmen mit den Windungen der Höhle überein. Local treten im Grundgebirge des Höhlenzuges W zu dessen Haupterstreckung quer gerichtete Kluftzüge (namentlich in h 9) auf. Sind dieselben stark ausgebildet, so sackt die Wandung nach ihnen aus, wie z. B. in der Gothischen und in der Maurischen Halle; sind sie dagegen schwach entwickelt, so sind meist nur kleine Nischen ausgebildet oder es fehlen auch diese, immer aber lässt sich ein gewisser Einfluss auf die Gestalt der Hohlräume erkennen. Ueberall tritt auf das deutlichste hervor, wie die Ausbildung der Höhlen von den Spalten aus beherrscht wurde. Es ist sehr bemerkenswerth, dass die Hallen und die meisten Kammern, also im Allgemeinen die höchsten und breitesten Hohlräume, immer da vorhanden sind, wo deutliche Querspaltungen auftreten.

In der Halle E lässt sich die Tektonik des Grundgebirges nur schwer untersuchen. Südwand und Decke sind zwar in Fels-

gestein ausgebildet, aber von Kalksinter vollständig überzogen. Die Westwand und ein Theil der Nordwand haben ebenfalls Felsgrund; doch können an ihnen etwaige Spaltenzüge nicht erkannt werden, da angelagerter Lehm alle Vertiefungen der Grundgebirgswandung ausfüllt. Die östliche Wandung hat vollends eine Lehm-Schottermasse zum Untergrund, welche das Felsgestein wohl weit hinein überdeckt. Das Grundgebirge des Ganges α wird nur vereinzelt von unbedeutenden Rissen durchzogen.

Instruktiver in Bezug auf Spaltentektonik als die zuletzt erwähnten beiden Räume ist das Heppenloch. Wie in den Höhlenzügen O und W sind auch hier deutliche Längs- und Querspalten vorhanden. An der westlichen Wandung der grossen Halle wird das Gebirge von Spalten in $h\ 2\frac{1}{2}$ durchsetzt, also in der Richtung des Verlaufs der ganzen Grotte. Ein gleichgerichteter Spaltenzug durchzieht das Gebirge am höchsten Punkt des Felsenportals (westl. Seite). Ausser diesen Längsspalten, deren Einfluss auf die Ausbildung der Höhlung unverkennbar ist, treten zwei Querspaltenzüge auf. Der eine, nördliche, derselben verläuft im hinteren Theil des Heppenloches in $h\ 8/5$. Zwar wölbt sich die Decke in seiner Zone nicht besonders aus. An der östlichen Wand ist eine kleine Nische vorhanden. Der zweite Querzug durchsetzt in $h\ 7/5$ red. die geräumige Vorhalle. In seiner Zone streicht das Deckengewölbe und an der östlichen und westlichen Wandung ragen tiefe Nischen in das Gebirge. Wie die einzelnen Spalten nach N etwas einfallen, so sind auch die Nischen nach dieser Richtung schwach geneigt. Das Heppenloch giebt somit ein äusserst lehrreiches Beispiel für die innige Beziehung vom Bau einer Höhle zur Tektonik der Grundgebirgsspalten.

Aus den vorstehenden Betrachtungen geht hervor, dass im Grundgebirge der Gutenberger Höhlen nicht nur ein wohlentwickeltes System von Spalten¹⁾ vorhanden ist, sondern dass auch die Ausbildung der Hohlräume wesentlich von denselben aus beherrscht worden sein muss. Die Spalten waren die Wege, auf welchen die Höhlenbildung sich vollzog²⁾. Das Spaltensystem setzt sich zusammen aus parallelen, in $h\ 1—1\frac{1}{2}$ verlaufenden Hauptzonen grösster Zerreiessung (Zone I und II) und aus zu denselben quer,

¹⁾ Bei der Beschreibung der Spaltentektonik wurden nur die deutlichsten, am meisten ins Auge fallenden Spalten aufgeführt. Das Grundgebirge wird natürlich ausser von den beschriebenen Spalten noch von zahlreichen Rissen durchsetzt.

²⁾ Ob bei der Höhlenbildung durch Verwerfungen (die Verwerfungen könnten freilich nur sehr gering sein) an gekrümmten Spaltungsflächen entstandene Hohlräume mitsprechen, haben weitere Untersuchungen zu entscheiden. Welcher Art die Dynamik der Ausräumung von Material aus dem Grundgebirge war, muss ebenfalls noch eine unbeantwortete Frage bleiben.

meist nordwestlich gestellten Spaltenzügen. Von ersteren ist wohl anzunehmen, dass sie unmittelbar in Folge von durch Gebirgsdynamik hervorgerufenen Spannungsdifferenzen entstanden sind. In letzteren dürften dagegen die im Gefolge der Hauptzerreissung gebildeten Nebenspaltungen zu suchen sein. Von hoher Bedeutung für die Beurtheilung des Spaltensystems ist die Thatsache, dass die Richtung der Hauptspaltung dieselbe ist, in welcher der Nordtheil der grossen Randecker Zerreiassungszone verläuft, dieselbe, in welcher sich die gerade Verbindungslinie vom Mittelpunkt des Randecker Maars mit dem Mittelpunkt des Schopflocher Riedes erstreckt. Der Umstand, dass die meisten Querspaltenzüge in den Gutenberg Höhlen in und nahe bei h 9 gerichtet sind, welche Orientirung auch den Hauptspalten im Grundgebirge der Wolfsschlucht zukommt, lässt vermuthen, dass auch zwischen der Tektonik des Südtheils der Randecker Zerreiassungszone und dem Gutenberg Spaltensystem gewisse Beziehungen bestehen.

c) Die klastischen Ausfüllungsmassen.

Die mehrgedachte Halle E war ursprünglich von Lehm und Schotter beinahe vollständig ausgefüllt. Erst durch die Ausgrabungen wurden die Ausfüllungsgesteine theilweise entfernt und so der Haupttheil des jetzigen Hohlraums hergestellt. Ehedem schloss sich an das Heppenloch nur eine sehr niedrige, nicht gangbare Tropfsteinhöhle an, welche sich an der Südwand und der Decke der jetzigen Halle hinzog. Während der von einer Kalksinterdecke gebildete Boden dieser Höhle grösstentheils zerstört wurde, blieb hingegen die Decke in der Südwand und dem Deckengewölbe der Halle noch erhalten. Die niedrige, local von Tropfgestein und Kalksteinblöcken mehrfach unterbrochene Höhle trennte das Grundgebirge der Decke und der Südwand des jetzigen Hohlraums von der im Liegenden der Kalksinterdecke befindlichen Lehm-Schottermasse. Bei der Ausgrabung in der Halle E wurde an der Westwand und dem mittleren Theil der Nordwand das Grundgebirge blossgelegt. Im Osttheil, dem sogenannten Lehmberg, am westlichen Theil der Nordwand und im Grund der Halle bilden dagegen noch die klastischen Ausfüllungsgesteine das Anstehende.

Im Lehmberg, welcher zur Untersuchung den besten Aufschluss bietet, sind die Lehm-Schottergesteine geschichtet. Mit Ausnahme der obersten Schichten sind die Lager im Allgemeinen etwa unter 17° nach dem Heppenloch zu geneigt. Das Hauptgestein bildet dunkelbraungelber, ab und zu Quarzsand und Bohnerz führender Lehm. In einzelnen Lagern führt derselbe

Feuersteine (Knollen oder deren Fragmente) und mehr oder weniger eckige Stücke von plattigen, grauen und gelblichen Kalksteinen, seltener von Dolomiten, marmorartigen Kalken und eisenschüssigen Sandsteinen. An manchen Stellen sind die Gesteinsstücke in schönster Weise dachziegelförmig übereinander gelagert und zwar so, dass die breitesten Flächen der Stücke gegen das Gefälle der Schichtung gerichtet sind. In den Schotterlagern ist der Lehm häufig aus feinen Schichtchen aufgebaut. Diese Charakteristika treffen nur bei Trümmerablagerungen zu, welche durch fließendes Wasser abgesetzt worden sind. Die erwähnte Lagerung der Schotterstücke weist darauf hin, dass die Stosskraft des Wassers eine sehr bedeutende gewesen sein muss. Es ist daher die Masse des Lehmbergs als eine echte Alluvion aufzufassen. Die äussere Beschaffenheit der Stücke, vor Allem das Fehlen von Schlißflächen und das Vorherrschen eckiger Formen, bekundet, dass die Schotter keinen sehr langen Transportweg zurückgelegt haben. Der grösste Theil der Stücke entstammt zwar nicht dem Grundgebirgshorizont, in welchem sie nunmehr lagern, sondern, wie es scheint, nächst höheren Stufenabtheilungen. Die plattigen Kalke sind wohl den das Ob. δ . deckenden Kalksteinschichten, die Feuersteinknollen dagegen dem Ob. δ . entnommen. Eine weitere Erörterung über diese Verhältnisse ist mir zur Zeit nicht möglich, da die erforderlichen Untersuchungen noch nicht abgeschlossen sind. An dieser Stelle ist zunächst nur die feststehende Thatsache von Wichtigkeit, dass die Lehm-Schotterformation des Lehmbergs eine durch rasch fließendes Wasser abgesetzte Alluvion ist.

Am nordöstlichen Ende der Halle, unmittelbar unter der Decke, stehen die obersten aufgeschlossenen Lager der Alluvion an. Etwa 70 m über dem Boden an der Treppe gelegen, setzen dieselben unter einigen Graden nach $h 6\frac{1}{2}$ ansteigend bergewärts fort. Die Einfuhrstrasse verläuft also hier ins Gebirgsinnere weiter. Von hier aus, beziehungsweise von den diese Localität in der Vertikalen unterlagernden Stellen wurden die eingeschwemmten Massen, wie aus der Schichtung (Hauptfall: NO Theil der Halle — Heppenloch) zu ersehen ist, nach der Hauptausfuhrstelle, dem Heppenloch, transportirt. An der erwähnten höchsten Stelle der Ablagerung füllt dieselbe den im Grundgebirge ausgebildeten Hohlraum vollkommen aus. Erst einige Meter westwärts von da sind zwischen dem Grundgebirge der nach Westen geneigten Decke und dem klastischen Ausfüllungsmaterial niedrige, einige Decimeter hohe Tropfsteinhöhlen eingeschaltet.

Etwa 1,5 m unter dem höchsten Punkt der Ablagerung und 4 m von demselben entfernt befindet sich an der Nordwand der Halle die Pforte des Ganges α . Der Hohlraum desselben stand

vor der Ausgrabung mit den in der Halle über den Schuttmassen an der Decke hinziehenden Höhlen in Verbindung. Der Boden des Ganges wird zunächst von einer Kalksinterdecke und unter dieser von Lehm und Schotter gebildet. Letztere Gesteine gleichen vollkommen dem Baumaterial des Lehmberges; sie sind aber nicht etwa der Absatz von Einschwemmungen aus der Halle, sondern sie gehören, nach den Schichtungsverhältnissen zu schliessen, einer selbstständigen Ablagerung aus einem besonderen Einschwemmungskanal an. Wo die Schichtung zu erkennen ist, ist sie nach aussen der Halle zu geneigt. In gleicher Weise ist auch die Oberfläche der Ablagerung und somit auch der Boden der Höhle gerichtet. Letzterer fällt in dem der Halle zunächst gelegenen Theil unter ca. 4° , im hintern Theil dagegen unter 15° nach dem Eingang der Höhle zu. Wie es scheint, haben die Einschwemmungen durch den Gang α gleichzeitig, oder wenigstens theilweise gleichzeitig, mit den Einschwemmungen aus den östlich von der Halle E gelegenen Gebieten stattgefunden.

Zur Ergänzung der Beschreibung des klastischen Ausfüllungsmaterials der Halle E habe ich noch über die „ausgegrabenen Trümmergesteine“ Mittheilungen zu machen.

Nach dem Berichte von K. GUSSMANN war der Bau der ausgegrabenen Formation etwa folgender. Die Deckenhöhlen, beziehungsweise die Kalksinterbodendecken derselben waren bis zu einer Tiefe von 8 m von einer Lehm-Schottermasse unterlagert, welche unmittelbar in das Material des Lehmbergs überzugehen schien. Unter dieser Lehm-Schottermasse befand sich ein der jetzigen nördlichen Wand der Halle anliegendes Lager von Knochenresten, Feuersteinen und Kalksteinstücken. An den meisten Stellen waren sowohl die Knochen als auch die Gesteinsstücke durch Kalksinter zu einer festen Breccie verbunden. Die Zwischenräume der einzelnen Fragmente füllte eisenschüssiger, bohnerhaltiger Lehm mehr oder weniger vollständig aus. Das Lager hatte zum Liegenden eine Lehm-Schottermasse, seine Mächtigkeit betrug etwa 2 m, seine Länge 13 m, seine Breite nur 3 m¹⁾ (siehe Grundriss auf Tafel V). Im Westen schnitt es am Grundgebirge an einer alten Höhlenwandung, der jetzigen Westwand der Halle, im Osten dagegen an Lehm-Schottergesteinen ab. Im Gegensatz zu der mehr oder weniger scharfen Abgrenzung im Osten war das nördliche Ende undeutlich markirt; die Knochen wurden gegen Norden spärlicher, das Lager ging in Knochen führende Lehm-Schottermasse über. Letzteres Gestein ist westlich von der Treppe in einer Grube

¹⁾ Bei den Angaben über Höhen, Breiten und Längen sind, wenn es nicht besonders bemerkt ist, immer die grössten Maasse angegeben.

noch aufgeschlossen. An der Westwand des von der Halle nach dem Heppenloch führenden Portals setzte das Lager südwärts bis etwa zur Mitte des hinteren Heppenlochs weiter. Die Breite betrug hier etwa 2 dm, die Mächtigkeit 1—3 dm. Auch hier lag das Lager der westlichen Wandung an und schnitt im Osten an Lehm-Schotter ab. Dach- und Sohlfläche des Lagers waren von der Mitte des Lagers in der Halle nach dem Heppenloch und nach der Gothischen Halle zu schwach geneigt. Im hinteren Heppenloch war das Lager nur von einer Kalksinterdecke überlagert. Letztere setzte in die Halle E hinein fort, verlief zunächst ungefähr parallel der Südwand, alsdann parallel der Decke der Halle. Im Westen, Norden und Südosten lagerte sie dem Grundgebirge an, im Nordosten dagegen keilte sie in Lehm-Schottergesteinen aus. Ueber der Kalksinterdecke befanden sich in der Halle E, wie bereits erwähnt wurde, die Deckenhöhlen und deren Verbindung mit dem Heppenloch, die kaminartige Höhle an der Südwand der Halle.

Ueber die Auffassung der ausgegrabenen Lehm-Schottermasse als Theil einer und derselben Formation, wie solche noch im Lehmberg ansteht, kann kein Zweifel bestehen. Nicht nur stimmen die Gesteine des Lehmbergs mit den ausgegrabenen Lehm-Schottergesteinen vollkommen überein, sondern auch die Tektonik des den jetzigen Hohlraum umschliessenden Gebirges spricht deutlich dafür, dass das ausgegrabene Material der Masse des Lehmbergs zugehört. Das in seinen Lagerungsverhältnissen so eigenartige Knochenlager muss ich ebenfalls auf Grund eingehender Untersuchungen über seine Beziehungen zu der Lehm-Schottermasse seines Hangenden und des Lehmbergs, wie diese als ein Glied der Alluvion (Alluvion b), welche durch die Masse des Lehmbergs noch repräsentirt wird, betrachten.

In einer 13 m langen, 2,5 m breiten und 2 m hohen, der Westwand der Halle E anliegenden Scholle war das Knochenlager in Lehm-Schottergesteine eingefügt. Am nördlichen Ende ging es in eine gewöhnliche Lehm-Schotterformation über. Südlich von der Halle setzte das Lager, auf Lehm und Schotter ruhend, in einer geringen Mächtigkeit der Westwand des hinteren Heppenlochs anliegend bis zur Mitte derselben weiter, wo es von der oben erwähnten, das ganze Ausfüllungsmaterial abschliessenden Kalksinterdecke unmittelbar überlagert war. Die anorganischen klastischen Hauptkomponenten des Lagers in der Halle E sind dieselben wie diejenigen in der Lehm-Schotterformation. Hier wie dort finden sich die plattigen Kalke, die eisenschüssigen Sandsteine, die Feuersteine und der Bohnerz führende, eisenschüssige Lehm. Die einzige Sonderheit vom Material des Lagers gegenüber der gewöhnlichen Lehm-Schottermasse macht nur das reichliche Vorkommen von

Knochenstücken. In den vom „Schwäbischen Höhlenverein“ aufbewahrten Gesteinsstufen des Knochenlagers liegen die Reste von sehr verschiedenen Thierarten meist kunterbunt zwischen den Gesteinsstücken. In der Regel sind die einzelnen Fragmente, sowohl die Knochen als auch die Gesteine, durch ein Kalksintercäment zu einer festen Breccie zusammengebacken.¹⁾ Theils sind die Fossilien durch Gesteinsdruck zertrümmert, theils mehr oder weniger unbeschädigt. Im Allgemeinen lagern Knochenstücke der verschiedensten Thiere kreuz und quer nebeneinander, jedoch kommen vereinzelt auch zusammengehörige Theile, einzelne Skelettpartien, wie z. B. Reihen von Wirbelkörpern vor. Die meisten Knochen sind mehr oder weniger verkalkt und von Vivianit durchsetzt. Auch Mangandriten treten in ihnen zuweilen auf. Die Hauptpetrification wird wohl an der Fundstätte vor sich gegangen sein; denn im Grossen und Ganzen gilt die Thatsache: „je grösser der Kalkgehalt des die Knochen umschliessenden Lehms, desto stärker deren eigene Verkalkung.“ Ganz sporadisch lagern zwischen den beschriebenen, häufig vorkommenden Knochen stark eisenhaltige Knochen. Dieselben entbehren eines ihrer Versteinerungsart entsprechenden Petrificationshofes; sie treten sozusagen in der Hauptmasse der Knochen als accessorische Einsprenglinge auf. Mit Ausnahme der in ihren Hohlräumen ab und zu vorkommenden Kalkspathe kann daher ihre Versteinerung nicht am Orte ihres Vorkommens vollzogen worden sein. Ihre Lagerstätte kann nicht eine urspründliche, erste sein, sondern nur eine solche, der die Knochen durch Dislocation von anderer Stätte aus zukamen.

Bis jetzt ist von den fossilen Resten des Knochenlagers der weitaus grösste Theil, darunter auch die erwähnten braunen Stücke, paläontologisch noch nicht untersucht worden. Ueber einen kleinen Theil liegt jedoch eine wichtige litterarische Bearbeitung²⁾ von Prof. NEHRING, Berlin vor. NEHRING theilt in

¹⁾ Durch das Vorhandensein der zahlreichen Fragmente von Knochen und Gesteinen und das lockere Gefüge zwischen denselben waren für die kalkreichen Sickerwasser, welche das Knochenlager durchflossen, mehr Punkte für den Absatz von Kalksinter gegeben, als es in den an grösseren Fragmenten ärmeren und zugleich auch dichter gefügten Lehm-Schottergesteinen des Lehmberges der Fall sein konnte. Daher die stärkere Verkalkung des Knochenlagers im Gegensatz zu dem Material der gewöhnlichen Lehm-Schotterformation.

In den gewöhnlichen Lehm-Schottergesteinen kommen sporadisch ebenfalls Verkalkungen vor. Theils ist der Lehm namentlich, vielleicht ausschliesslich nur da, wo er besonders sandig ist, vollständig verkalkt, theils sind in kleinen Hohlräumen des Schichtengefüges sowohl Kalksinterabsätze als auch wohl auskrystallisirte Kalkspathaggregate ausgebildet.

²⁾ Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie. Jahrg. 1890. Bd. II, p. 34.

dieser Abhandlung mit, dass die Mehrzahl der (ihm zur Einsicht übersandten) Fossilreste ihm den Eindruck erweckt habe, als ob es sich im Wesentlichen um eine altdiluviale präglaciale Fauna handle. Ob einige Arten als pliocän zu bezeichnen sind, lässt NEHRING dahingestellt. Im weiteren führt derselbe an: „wie es scheint, haben die ausgegrabenen Thierreste nicht alle das gleiche geologische Alter, sondern es hat wohl eine gewisse Vermischung und Durcheinanderwürfelung derselben stattgefunden.“ Der paläontologische Befund steht also, soweit es die in obiger Arbeit behandelten Fundstücke betrifft, mit dem geologischen im Einklang, allerdings nicht in gleichem Masse bestimmt eine Vermischung geologisch verschiedenartiger Objekte betonend.

Der Verband des Lagers mit der Lehmschotterformation weist darauf hin, dass die Thätigkeit des Wassers und zwar im Dienste derselben Dynamik, welche die Lehm-Schottermasse zur Ablagerung brachte, auch den Bau des Lagers schuf, dass in letzterem ein Theil der Alluvion b vorliegt.¹⁾

Die Masse des Lehmbergs ist, wie schon oben erwähnt wurde, von NO her in die Halle E eingeführt worden.²⁾ Die Haupt-

¹⁾ Jede Annahme, bei welcher die Entstehung des Lagers entweder ohne Einschwemmung gedacht wird oder, wenn auch eine Einschwemmung vorausgesetzt ist, diese nicht als von der Einschwemmung in die Halle E von Osten her ausgehend angesehen wird, erweist sich bei näherer Prüfung als nicht stichhaltig.

Medicinalrath HEDINGER, Stuttgart, hält das Knochenlager für eine vorzugsweise durch die Hand des vorgeschichtlichen Menschen vollzogene Ablagerung, „Kehrichthaufen“ (Schwäbische Chronik 1890. No. 7, „Neue Höhlenfunde in Württemberg“; Correspondenzblatt der deutschen Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte 1891, No. 2 u. 3, „Neue Höhlenfunde auf der schwäbischen Alb (im Heppenloch“; Jahresheft d. Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg, 47. Jahrgang. 1891, „Die Höhlenfunde im Heppenloch“). Gegen diese Auffassung spricht namentlich das Vorkommen echter Schotterstücke (die plattigen Kalke, die Sandsteine etc.) zwischen den Knochenresten und die Gleichartigkeit der anorganischen Componenten des Lagers mit dem Material der deutlich geschichteten, typischen Alluvion, wie sie in der Masse des Lehmbergs noch ansteht.

²⁾ Es ist bemerkenswerth, dass die Schichtung des Lehmbergs oberhalb der Einfuhrstrasse aus dem Gange α nach h 18 $\frac{1}{2}$ gerichtet ist. Die Einfuhr der Alluvion b in die Halle E geschah erstens aus östlich von der Halle befindlichen Räumen in der Richtung nach h 18 $\frac{1}{2}$ (Schichtung der obersten Lager des Lehmbergs), zweitens aus dem Gange α in der Richtung nach h 10.

Von der Zusammenflussstelle beider Einfuhrstrassen haben sich die Wasser in der Richtung der Resultirenden der in den beiden Einfuhr-

stosskraft wirkte im südöstlichen Theil der Halle in dem in gerader Erstreckung befindlichen Verbindungsraum zwischen den Einfuhrstellen und dem Portal des hinteren Heppenlochs, was aus den Schichtungsverhältnissen des Lehmbergs, wie bereits mitgetheilt wurde, hervorgeht. Das hintere Portal des Heppenlochs ist jedoch nicht die einzige Ausfuhrstelle für die Alluvion b gewesen. Auch die Pforte des Höhlenzuges W muss als solche fungirt haben; denn die Lehm-Schottermasse der Halle E setzt in derselben und in den nächstgelegenen Hallen, Kammern und Gängen weiter. Wie aus der Schichtung des Lehmbergs hervorgeht, war aber die Ausfuhr nach dieser Pforte nicht so beträchtlich wie nach dem Heppenloch. Die Förderung des im Nordosttheil der Halle eingeführten Materials hat also nicht nur nach dem Heppenloch, sondern auch, allerdings in geringerer Masse nach dem Höhlenzug W stattgefunden. Im Nordosttheil der Halle E und in seinem Verbindungsraum mit dem Heppenloch, ebenso auch in dem zwischen der Pforte W und eben jener Haupttransportstrasse befindlichen Gebiete muss demnach die Dynamik des Wassers wesentlich ausräumend gewirkt haben. In dem der Westwand der Halle anliegenden Gebiet wird sie dagegen namentlich deponirend thätig gewesen sein. Ist doch letzteres Gebiet gerade zwischen den beiden Transportwegen eingefügt gewesen. Hieraus erklärt sich das ganze Auftreten des Knochenlagers in der Halle. Das Lager erscheint als eine seitlich von dem Haupttransportweg abgeschwemmte Masse. Seine östliche Abgrenzung, das Abschneiden an der Lehm-Schottermasse wurde bedingt durch den Wechsel in der die Alluvion b zum Absatz bringenden Dynamik. Während diese letztere an der Westwand der Halle die Knochenschichte ablagerte, hier vorwiegend absetzend wirkte,¹⁾ schwemmte sie hingegen in dem östlich anschliessenden Gebiete vorwiegend aus. Diese Dynamik scheint in der Halle E bei der Bildung der Alluvion b auch nach dem Absatz des Knochenlagers thätig gewesen zu sein. Wie ich schon erwähnt habe, ist im Grossen und Ganzen die Schichtung der

strassen wirkenden Stosskräfte bewegt. Die Orientirung der Schichtung im Haupttheil des Lehmbergs nach dem Heppenloch zu dürfte somit durch die Zusammenwirkung der stärkeren Stosskraft des Wassers von den östlich von der Halle E befindlichen Gebieten mit der jedenfalls schwächeren Stosskraft des Wassers vom Gange α (die Raumverhältnisse [Mundloch des Kanals] sind hier bedeutend kleiner als in dem im Osten der Halle befindlichen Einschwemmungskanal) entstanden sein.

¹⁾ Das Knochenlager stieg auch gegen die Westwand unter einigen Graden an.

Lehm-Schottermasse im grössten Theil des Lehmbergs in dem der südöstlichen Wand der Halle anliegenden Raum, welcher in die Verlängerung des Heppenlochs fällt, nach letzterem zu geneigt.¹⁾ Anders verhält sich's mit der Schichtung in dem der Nordwand anliegenden übrigen Theil des Lehmbergs. Die im Haupttheil herrschende Richtung des Gefälles nach SW geht hier unter gleichzeitiger Abnahme des Steigungswinkels (bis 8°) allmählich in die Richtung O—W über. Die Tektonik erinnert somit sehr an den Bau eines Schuttkegels.

In demjenigen Theil der Alluvion, welcher sich unmittelbar an das der Nordwand anliegende Gebiet des Lehmbergs im Westen anschloss, wurden vier nesterförmige kleine Lager von Knochen ausgegraben.²⁾ Die Fossilien sind bis jetzt meines Wissens einer paläontologischen Untersuchung nicht unterzogen worden. Die Fragen über ihr geologisches Alter, über eventuelle Beziehungen zu den fossilen Resten des grossen Knochenlagers dürften daher noch offen stehen. Tektonisch repräsentiren die Lager offenbar im Kleinen das, was im Grossen das grosse Knochenlager darstellt, nämlich seitlich von dem Weg, in welchem das stärkste Fliessen stattfand, abgeschwemmtes Material. Das Gebiet an der Nordwand ist ja ausserhalb des Haupttransportweges gelegen, und gerade an der Wandung konnten leicht locale Anschwemmungen entstehen, freilich nicht in dem Masse wie an der Westwand, denn von der Hauptstrasse der Wasser ausgehend, zog sich hier in geringer Entfernung von der Nordwand der Nebenweg nach der nordwestlichen Ecke der Halle hin.

Da der höchste Punkt des hinteren Portals vom Heppenloch ca. 4 m niedriger lag als der tiefste Punkt der unter dem Deckengewölbe sich ausdehnenden Oberfläche der Alluvion (Entfernung von diesem zu jenem 7 m), und ferner der höchste Punkt des Portals vom Höhlzug W nur etwa 2 m höher liegt als der Scheitel vom Portal des Heppenlochs, so muss angenommen werden, dass bei Einschwemmung der obersten Lager sich Stauungen geltend gemacht haben. Dass Stauungen für die letzte Phase der Ablagerung anzunehmen sind, geht auch aus den Schichtungsverhältnissen im Haupttheil des Lehmbergs hervor. Je höher im geologischen Sinne die Schichten gelegen sind, desto geringer ist ihr Gefälle. Während z. B. die Schichten, welche etwa im Horizonte

¹⁾ In der Mitte des Lehmbergs, etwa auf halber Höhe, ist eine muldenförmige Lagerung in der Richtung nach dem Heppenloch zu ausgebildet (Bett des Hauptstromes).

²⁾ Sporadisch kommen auch in der Masse des Lehmbergs Knochen vor.

des Knochenlagers liegen, unter 18° geböschet sind, beträgt der Neigungswinkel der im obersten Theil des Lehmbergs anstehenden Schichten nur $3-4^{\circ}$. In der unter der Kalksinterdecke der Deckenhöhlen vorhandenen Oberfläche der Alluvion b hat man im grossen Ganzen die alte, beim Abschluss des Ablagerungsprozesses gebildete Fläche zu suchen. Weder die Denudation noch die Auflagerung von klastischem Material kann hier wesentlich verändernd eingewirkt haben. Anders ist es dagegen mit der ehemals unter der Kalksinterdecke der südlichen kaminartigen Höhle befindlichen Oberfläche der Alluvion. Es fragt sich, ob dieselbe eine direkte Fortsetzung der beschriebenen Oberfläche unter den Deckenhöhlen ist oder ob sie erst sekundär durch Denudation entstanden ist. Leider liegen über die bei der Ausgrabung im Liegenden dieser Fläche angetroffenen Lagerungsverhältnisse keine Aufzeichnungen vor. Eine bestimmte Beantwortung der obenstehenden Frage ist daher nicht möglich, jedoch lässt sich immerhin sagen, dass die geologischen Verhältnisse der Alluvion, soweit sie im Anstehenden noch zu beobachten sind und soweit sie aus Berichten über die ausgegrabenen Theile noch ergänzt werden können, mehr für eine — durch Deundation verursachte als für eine ursprüngliche Bildung der Fläche sprechen.

Wie bereits erwähnt, setzt die Lehm-Schotterformation der Halle E im Heppenloch fort. Die durch Ausgrabung und künstliche Auffüllung hergestellte Bodenfläche des Heppenlochs befindet sich am Ende desselben etwa 0,60 m tiefer als der alte Boden, am Eingang dagegen ziemlich im Niveau desselben. Der ursprüngliche Boden wurde im hinteren Theil von einer $\frac{4}{10}$ —2 dm dicken Kalksinterdecke, ¹⁾ im vorderen Theil, der Vorhalle, dagegen von Lehm gebildet. Unter genannter Kalksinterdecke lagerte vorwiegend Lehm und Schotter und an der westlichen Höhlenwandung die Fortsetzung des Knochenlagers der Halle E, eine aus Schotter, Knochen und Lehm aufgebaute Scholle. Nach Mittheilungen von K. GUSSMANN stand das Knochenvorkommen in unmittelbarer Verbindung mit dem Knochenlager der Halle E, auch soll der allgemeine Bau desselben im wesentlichen vollkommen mit demjenigen des Lagers in der Halle E in Uebereinstimmung gewesen sein. Letzterer Theil des Berichts wird durch die aufbewahrten Gesteinsstücke vollkommen bestätigt. Es liegt nahe, beide Knochenvorkommen als eine einheitliche Bildung anzusehen. Man kann sich

¹⁾ Die Kalksinterdecke, an der östlichen Wand am schwächsten, an der westlichen Wand am stärksten entwickelt, keilte in der Gegend des zweiten Thors nach Süden in unreinem Lehmgestein aus.

ja denken, dass der Ablagerungsvorgang, welcher an der Westwand der Halle wirkte, auch an der westlichen Wand des Heppenlochs thätig war. Da der Transportweg in der Halle E in der Richtung des Heppenlochs in dieses einmünden musste, ist anzunehmen, dass auch im letzteren Raum die Dynamik im Allgemeinen dieselbe war wie in der Halle E. Wie an der Südostwand der Halle E wird auch an der Südostwand des Heppenlochs die die Alluvion zum Absatz bringende Dynamik namentlich ausräumend thätig gewesen sein. Beide Höhlenwandungen liegen ja in einer Flucht. Im Gegensatz dazu wird aber an der Westseite des Heppenlochs in gleicher Weise wie an der Westwand der Halle E eine weniger ausräumende, dagegen mehr deponirende Thätigkeit gewirkt haben. Allerdings konnte diese hier bei weitem nicht in dem hohen Masse wie an der Westwand der Halle auftreten. Rechts vom Haupttransportweg lag in der Halle E ein grosses keilförmiges, in der Richtung nach dem Heppenloch zu sich verjüngendes Gebiet, im hinteren Raume des Heppenlochs dagegen nur ein schmaler Raum. Musste doch hier die Ausfuhrstrasse beinahe die ganze Breite des Raumes einnehmen. Die Raumverhältnisse des kleinen Lagers¹⁾ stimmen ganz mit der angenommenen Genesis überein. Diesen Verhältnissen entspricht vollkommen das Auftreten des kleinen Knochenlagers, und so muss angenommen werden, dass es im wesentlichen eine vom Transportweg abgeschwemmte Masse repräsentirt. Wie weit Denudation und Auflagerung nach dem Abschluss der Einschwemmungen im Heppenloch auf die geologischen Verhältnisse verändernd eingewirkt haben, ist nicht zu ermitteln. Jedenfalls konnten aber hier geologische Agentien eine weit grössere Thätigkeit entfalten als in dem die Deckenoberfläche der Alluvion b in der Halle E überlagernden Raum. Es scheint mir auch, dass die Alluvion b vor der Bildung der Kalksinterdecke durch Denudationsvorgänge bearbeitet worden ist. Während der hintere stärker ansteigende Theil der ursprünglichen Bodenfläche vom Heppenloch (unter der Kalksinterdecke) wahrscheinlich durch Denudation am primär Anstehenden der Alluvion gebildet worden ist, wird dagegen der vordere Theil des Bodens in der Heppenlochhalle durch Auflagerungen auf einen Rest der Alluvion b entstanden sein. Bei der Ausgrabung fanden sich hier nämlich Lager von Gesteinen, welche unter dem Baumaterial der Alluvion b nicht vorkommen. So lagerten an der Wandung der Halle unter einer lehmigen, Kalkschutt führenden Erde Schmitzen von einem feinen, Bohnerz führenden Quarzsand.

¹⁾ Breite nur ca. 2 dm, Mächtigkeit 0,1—2 dm (siehe Profil und Grundriss Tafel V).

In der Mitte der Halle stiess man unter Lehm (mit Kalksteinbrocken) auf ziemlich horizontal gelegene Nester eines chokoladebraunen Letten, und auf lenticuläre Einlagerungen von hell-grauem, feinem Thon. Im Liegenden dieser fremdartigen Gesteine fanden sich jedoch wiederum Lehm-Schottermassen; wahrscheinlich repräsentiren dieselben Theile der Alluvion b. Wie die beschriebenen geologischen Verhältnisse im Heppenloch gebildet worden sind, lässt sich zur Zeit nicht bestimmen. Vielleicht bringen weitere Untersuchungen mehr Licht in die Sache.¹⁾

Nach diesen Mittheilungen über die klastischen Ausfüllungsmassen im Heppenloch gehe ich über zur Beschreibung der im Höhlzug W befindlichen Theile der Alluvion b.

Die Pforte, durch welche das Trümmermaterial von der Halle E aus eingeführt wurde, ist im aufgeschlossenen Theil etwa 1,20 m breit,²⁾ ihr oberes Ende befindet sich ungefähr 2 m tiefer als der niedrigste Punkt des Deckengewölbes der Halle und 2,5 m tiefer als der höchste Punkt an der Decke der Gothischen Halle. In der erwähnten Pforte erreicht also die Aushöhlung des Grundgebirges bei weitem nicht die Höhe, wie in den beiden Räumen, welche gerade hier verbunden werden, einerseits die Gothische Halle, andererseits die Halle E. Ursprünglich füllten Lehm-Schottermassen die ganze Pforte³⁾ aus, wodurch die nördlich gelegenen Räume des Gutenberger Höhlensystems von der Halle E und dem Heppenloch getrennt wurden. Während die klastischen Ausfüllungsgesteine der Nordwand der Halle E und dem Deckengewölbe der Pforte unmittelbar angelagert waren, wurden dieselben in der Gothischen Halle von einer 0.2—1 dm mächtigen Kalksinterdecke überdeckt. Durch Ausgrabung wurde ein grosser Theil der Ausfüllungsgesteine und die Kalksinterdecke entfernt, wodurch

¹⁾ Gesteine ähnlicher Art, sowohl Sande als auch Thone und Letten finden sich namentlich in der Barnberghöhle bei Hohen-Neuffen, welche im Auftrage eines Vereins in Neuffen unter Leitung von Dr. FRIEDRICH LOSCH, Pfarrer in Erkenbrechtsweiler im Frühjahr 1890 ausgegraben wurde, und in den beiden vom Schwäbischen Höhlenverein unter der Leitung von KARL GUSSMANN und mir erschlossenen, an der rechten Thalwandung des Tiefenthals bei Gutenberg gelegenen Höhlen: Krebssteiner Höhle (Ausgrabung: Herbst 1890) und Gussmannshöhle (Ausgrabung: Winter 1890/91). Die Sande und Thone in den genannten drei Höhlen sind sehr fein geschichtet. Die reiche Wechsellagerung spricht für einen grossen, gleichmässig schwankenden Absatz, also ganz im Gegensatz zu den Schichtenverhältnissen in den Alluvionen a und b. Ueber die genannten Ablagerungen werde ich später bei Beschreibung der betreffenden Höhlen besondere Mittheilungen machen.

²⁾ Untere Breite der Pforte von Grundgebirge zu Grundgebirge ca. 3 m.

³⁾ Ein kleiner Rest von Ausfüllungsgestein (Lehm, Schotter) befindet sich noch am Scheitel des jetzigen Portals.

der Hohlraum der Gothischen Halle entdeckt wurde. Die Oberfläche der Lehm-Schottermasse ist vom Scheitel der Pforte an in allen Räumen des Höhlenzuges, wo sie zu beobachten ist, nach Norden unter im Mittel $8-10^{\circ}$, geneigt. Unmittelbar an der Pforte betrug das Gefälle der Oberfläche etwa 15° . In der Gothischen Halle und den anliegenden Höhlen bis zur fünften Kammer wurde in die Formation des Bodens ein Weg¹⁾ eingeschritten. Die Sohle desselben ist am Eingang der Gothischen Halle etwa $\frac{1}{2}$ m tiefer als die dortige ursprüngliche Bodenfläche. Wie die Oberfläche der Alluvion nach Norden zu geneigt ist, ist auch die Sohle des Wegs nach Norden geneigt. Der Fallwinkel ist jedoch im Grossen und Ganzen ein kleinerer als derjenige der alten Bodenfläche. Von der fünften bis zur siebenten Kammer ist die alte Bodenfläche von künstlich abgelagertem Schutt überdeckt. In der siebenten Kammer tritt sie wieder local in Stalagmiten zu Tage. In dem nächstfolgenden Raum, der Maurischen Halle, lagert eine natürlich gebildete Blockhalde, unter welcher die Fortsetzung der Alluvion liegen dürfte. Die Aufschlüsse, welche durch den Wegeinschnitt in den Räumen des Höhlenzugs W gegeben sind, zeigen eine wohlgeschichtete Lehm-Schotterformation vom Typus der klastischen Ablagerung in der Halle E. Das die Kalksinterdecke direkt Unterlagernde ist meist feiner Lehm; 2 dm mächtig ist derselbe aus feinen Schichten aufgebaut. Im Hangenden tritt Lehm mit Schotterstücken auf. Die letzteren stimmen vollständig mit den Schottern des Lehmbergs überein.

Im Anschluss an die Beschreibung der wichtigsten Theile der Alluvion gehe ich über zu einer Charakteristik des Aufbaus. Im Grossen und Ganzen repräsentirt die Alluvion b eine meist massige, seltener aus feinen Schichten aufgebaute Lehmmasse, in welcher in bestimmten Schichtungslagen local Schotterstücke auftreten. Die ganze Formation ist sehr gleichartig gebaut. Die Beschaffenheit des Lehms ist im Wesentlichen überall dieselbe. Die verschiedenartigen Schotterstücke sind überall in der Alluvion gleichmässig vertheilt. Stücke von bestimmten Gesteinen sind daher nicht an bestimmte Horizonte gebunden. Eine Gliederung der Formation ist nicht möglich.²⁾ Es ist höchst charakteristisch,

¹⁾ Breite nur ca. 1 m.

²⁾ Ob die Ablagerung der Alluvion b sich continuirlich vollzog, oder ob längere Pausen im Absatz eintraten, lässt sich nicht bestimmen. Der im Allgemeinen gleichartige Bau der Alluvion scheint allerdings mehr für eine ziemlich rasche, ziemlich gleichmässige, jedenfalls nur wenig unterbrochene Bildung zu sprechen. Das Knochenlager repräsentirt offenbar eine einheitliche, auf einmal eingeführte Einschwemmung. Wie und wo die Gewässer die Knochen aufnahmen, kann nicht

dass das feine Material, der Lehm, vorwiegt, und die obwohl in bestimmten Lagen zahlreich vorhandenen Schotterstücke doch nur local, gewissermassen als Einsprenglinge, auftreten. Die Sichtung des groben und feinen Materials hat also bei der Bildung der Alluvion nur in geringem Masse stattgefunden. Dass dieser Umstand für die Beurtheilung der Entstehungsart von grosser Bedeutung ist, wird einleuchtend sein. Er lehrt uns, dass wir es jedenfalls nicht mit einer gewöhnlichen fluviatilen Alluvion zu thun haben; denn bei der im Allgemeinen langsamen Bildung einer solchen vollzieht sich eine mehr oder weniger gute Sichtung des verschieden schweren Materials. Anders ist es aber bei der Bildung von Giessbachablagerungen; hier führen die Wasser in kürzester Zeit eine solche Menge von denudirtem Material, und der Absatz erfolgt so rasch, dass die Sichtung der Trümmerstücke nach dem specifischen Gewicht nur in geringem Grade möglich ist, und gerade auf eine solche Dynamik weist die Tektonik der Alluvion b hin, und zwar nicht nur im allgemeinen Aufbau, sondern auch im Schichtungsgefüge und im Auftreten überhaupt. Die Schichtungstektonik ist auch derjenigen eines Wildbachschuttkegels sehr ähnlich. Allerdings lässt sich die Alluvion nicht unmittelbar mit einem solchen freien Schuttkegel vergleichen. Ist doch hier die Masse in einen bestimmten Raum eingezwängt, sie repräsentirt sozusagen eine Art modificirten Schuttkegels, modificirt durch die Raumverhältnisse, mit welchen die sie absetzende Dynamik in Kontakt kam. Das ganze Auftreten der Alluvion b weist darauf hin, dass zur Zeit ihrer Bildung die Hohlräume im Gebirge im Wesentlichen ausgebildet waren¹⁾.

Gleich wie in der Halle E. dem Heppenloch und dem südlichen Theil des Höhlenzuges W treten auch in den übrigen bekannten Räumen des Gutenberger Höhlensystems Lehm- und Schottermassen auf. So wird der Untergrund der Oberen Höhle von Lehm-Schottermassen gebildet. Der Lehm tritt hier noch mehr als in der Alluvion b in den Vordergrund. Petrotektonisch gleicht er ziemlich dem Lehm eben jener Alluvion. Die ab und zu vorkommenden Schotterstücke sind eckig und stimmen mit den in der Alluvion b vorkommenden Stücken überein. Es sind vorhanden die plattigen Kalke, die Feuersteine und die so charakteristischen eisenschüssigen Sandsteine. Zweifellos haben

entschieden werden. Weitere Ausgrabungen und vor Allem genaue paläontologische Untersuchungen sämmtlicher Fossilien aus der Alluvion dürften zur Beantwortung obiger Fragen verhelfen.

¹⁾ Die Gewässer, aus welchen die Alluvion b zum Absatz gelangte, können keine grosse Erosionskraft besessen haben. Hat doch die absetzende Thätigkeit in ihnen so hochgradig gewirkt.

wir es auch hier in der Lehm-Schottermasse mit eingeschwemmtem Material zu thun, und zwar muss die Förderung desselben von Norden nach Süden gewirkt haben, denn die ursprüngliche Oberfläche der Lehm-Schottermasse war etwa unter ca. 9° nach Süden geneigt. Bemerkenswerth ist, dass das Deckengewölbe im Allgemeinen unter $2-3^{\circ}$ nach Norden ansteigt. Die ursprüngliche Bodenfläche bez. die von Kalksinter local überdeckte Oberfläche der Alluvion und die im Grundgebirge ausgebildete Deckenfläche der Höhle sind also beide nach Süden geneigt, letztere jedoch nicht in dem hohen Maasse wie die erstere. Der Hohlraum nimmt daher von Norden nach Süden an Höhe zu. Am südlichen Ende beträgt die Höhe $3-4$ m, am nördlichen dagegen nur ca. 2 m. Die Alluvion, welche ich zum Unterschied von der Alluvion b mit a bezeichne, setzt am Ende der Höhle nach Norden in einer steil ansteigenden Schuttmasse weiter. Da die an die obere Höhle sich nördlich anschliessenden Räume noch nicht zugänglich gemacht sind, gehen meine Untersuchungen nur bis zum nördlichen Ende des gangbaren Theils vom Höhlenzuge O.

Von der oberen Höhle mündet die Alluvion a in die Theilungshalle ein. Auch hier befinden sich Lehm-Schottermassen. Die Lagerungsverhältnisse derselben sind aber nicht so einfach wie in der oberen Höhle. Während die Lehm-Schottergesteine im letztgenannten Raum als Baumaterial einer einheitlichen Formation auftreten, setzen sie dagegen in der Theilungshalle ausser fest gefügten, im Bau mit der Alluvion a übereinstimmenden Massen auch lose aufgebaute Schuttlager zusammen. Westlich von der Pforte des Höhlenzugs W steht an der Nordwestwand der Halle eine fest gefügte Lehm-Schottermasse in einer ca. 4 m langen und $0,3$ m breiten Scholle an. Nach oben schliesst sie mit einer nahezu horizontalen Fläche ab, welche ca. $0,65$ m höher liegt als der Boden des dort befindlichen Weges. Die Lehm-Schottermasse stimmt petrographisch im Wesentlichen mit dem Material der Alluvion a überein. In der Anordnung der Componenten lässt sich eine beinahe horizontale Schichtung erkennen. Die westliche Abgrenzung der Scholle bildet eine steile Bruchfläche. An diese reiht sich die Wegsohle¹⁾, und an diese nach Süden abfallend eine unter 40° geböschte, lose aufgebaute Schutthalde an, von vorzugsweise Lehm und Schotter, und zwar von derselben petrotektonischen Beschaffenheit wie das Material der Scholle. Diese Schuttmasse setzt in ziemlich gleicher Höhe im Westen von der Scholle

¹⁾ Ursprünglich schloss sich an die feste Lehm-Schottermasse (Material der Scholle) unmittelbar eine steile Schutthalde von Kleinschutt an, in welcher sporadisch grössere Kalkstücke lagen.

bis an die Ostwand weiter. Es zieht sich also an der ganzen Nordwestwand eine Schutthalde hin. Im Südtheil der Halle schliesst sich an den Fuss der Halde eine schwach nach Süden geneigte, ziemlich ebene Fläche an. Der Höhenunterschied vom Scheitel bis zum Fuss der Schutthalde beträgt ca. 3 m. Da der ganze Bau der erwähnten Scholle vollständig mit dem Aufbau der bis jetzt beschriebenen Alluvionen a und b übereinstimmt — hier und dort haben wir dasselbe Baumaterial, denselben Typus in der Tektonik — ist auch anzunehmen, dass in dieser Scholle überhaupt auch eine genetisch mit den Alluvionen a und b verwandte Bildung vorliegt, und der Umstand, dass die Alluvion a in die Theilungshalle einmündet, macht es sehr wahrscheinlich, dass das Material der Scholle eine Fortsetzung der Alluvion a nach vorn in hydrographischem Sinne repräsentirt. Die Oberfläche der Scholle liegt zwar etwas höher als diejenige der Alluvion a am südlichen Ende der oberen Höhle.¹⁾

Ursprünglich setzte jedenfalls die Alluvion a in gleich fest gefügten Massen, wie sie in der obern Höhle vorhanden sind, auch in der Theilungshalle weiter. In den unmittelbar südlich an die Halle sich anschliessenden Räumen Gang X und Gussmannsdom begegnen wir wieder einer Lehm-Schotterformation und zugleich einem Aufbau in derselben, wie ihn auch das Material der Alluvion a in der oberen Höhle besitzt. Die Gesteine sind im Allgemeinen dieselben wie in der genannten Alluvion a. Die Lehm-Schottermassen stehen, gleichwie in der oberen Höhle, in fest gefügten Massen an. Nach oben schliessen sie mit einer unter ca. 9° nach Süden einfallenden, ziemlich ebenen, von Kalksinter local überdeckten Fläche ab, und zwar fällt deren Verlängerung nach Norden ungefähr mit der Oberfläche der Alluvion in der oberen Höhle

¹⁾ Wenn auch die Oberfläche der Scholle etwas höher liegt (ca. 1 bis 2 dm) als der Boden am südlichen Eingang der oberen Höhle, kann eine ehemalige Verbindung der Scholle mit der Alluvion a doch gedacht werden. Erstens wurde die Alluvion a im südlichen Theil der oberen Höhle durch die später in einer Anmerkung beschriebene Erosion eines kleinen Baches theilweise abgeführt. Zweitens dürfte die Scholle von den an der nordwestlichen Wandung der Theilungshalle vorhandenen Klüften eine Zufuhr von Lehm erhalten haben. Die plattigen Kalke, welche in der Scholle vorkommen, können jedenfalls nicht auf anderem Wege als durch die obere Höhle an ihre jetzige Lagerstätte gebracht worden sein. Die an der Wandung, wo sich die Scholle befindet, vorhandenen Spalten klaffen nur wenig, eine Zufuhr von groben Trümmern durch die Thätigkeit von Gewässern kann von ihnen aus nicht gewirkt haben. Eine Einschwemmung der Schotterstücke von einer dritten Stelle aus ist vollends geradezu unmöglich.

zusammen.¹⁾ Es liegt nahe, auch die Lehm-Schotterformation im Gange X und im Gussmannsdom als eine der Alluvion in der oberen Höhle und in der Theilungshalle zugehörige, gleichartige Bildung anzusehen. Die Lehm-Schottermassen in der oberen Höhle und in den beiden südlich der Theilungshalle angereihten Räumen repräsentiren die seit ihrer Bildung nur wenig veränderte Alluvion. Die Lehm-Schottermassen in der Theilungshalle erscheinen dagegen, wenigstens zum Theil, als sekundäre durch Dislocation entstandene Umbildungen der ursprünglichen Alluvion. Die beschriebene Scholle in dieser Halle ist als ein Relict einer, ehemals in ihrem Horizont in grösserer Ausdehnung anstehenden, fest gefügten Formation anzusehen. Die Schuttmasse stellt vorzugsweise solche Theile jener Formation vor, welche durch Rutschung und Abbröckelung umgelagert worden sind. Verursacht wurden diese Umlagerungen durch Einbrüche, beziehungsweise Einsenkungen im Grunde der Theilungshalle. Sicherem Hinweis auf solche Vorgänge giebt besonders das Vorhandensein einer 1 m breiten und 0,75 m tiefen (jetzt zugedeckten) Doline²⁾ im Südwesttheil der Halle. Die Umgestaltung der ursprünglichen Oberfläche der Alluvion und die Umlagerung der Lehm-Schottergesteine wurde von Einbruchstellen aus bestimmt und auch beherrscht.³⁾

¹⁾ Die Bodenfläche vom Gussmannsdom ist an den Wandungen etwas höher gelegen als in der Mitte, an der Wand ist eine schmale Terrasse ausgebildet (Breite derselben ca. 0,5 m). Offenbar liegt der Ausbildung dieser Orographie eine schwache Einsenkung im Untergrunde vom Gussmannsdom zu Grunde.

²⁾ Bei der ersten Besichtigung der Theilungshalle (Winter 1889) fand sich an der östlichen Wandung ein in kleinen Serpentinengewandener Bach vor. Derselbe hatte ein 2—3 dm tiefes und 3—4 dm breites Bett (in der Höhe von ca. 2 dm über der Sohle war eine schmale Terrasse ausgebildet). Sein Ursprung befand sich an der östlichen Wandung der oberen Höhle, etwa 6 m von deren Ausmündung in die Theilungshalle entfernt. Von seinem Ursprung zog sich das Gewässer nach der westlichen Wand in der oberen Höhle. In weiterem Verlauf blieb es entlang derselben bis zur Theilungshalle. In dieser führte das Bachbett an der östlichen Wandung vorbei nach der Pforte des Ganges X und von da westwärts nach der an der südwestlichen Wandung vom südlichen Theil der Halle befindlichen Doline, in welcher das Gewässer versickerte. Das Grundgestein des Bachbettes war in der oberen Höhle vorwiegend Lehm. Nach der Beschreibung scheint das Bett hier in fester Formation gelegen zu haben. In der Theilungshalle zog sich der Bach durch lockere Schuttmassen hindurch. Das geförderte Material war sandiger, Bohnerz führender Lehm und kleiner Schotter (Feuerstein und Kalkstein).

³⁾ Im Zusammenhang mit den Einstürzen bez. Einsenkungen im Untergrund steht wahrscheinlich auch die starke Wandabblätterung. Die grossen Blöcke, welche in der Schutthalde vorgefunden wurden, sind jedenfalls durch Verstürzungen an ihre Lagerstätte hingelangt. Die

Ich habe bereits erwähnt, dass die Lehm-Schottermasse im Gange X und im Gussmannsdom die Fortsetzung der Alluvion in der Theilungshalle darstellen. Das nördliche Portal des Ganges X hat für dieselbe als Ausfuhrstelle gedient. In gleicher Weise nun, wie durch diese Pforte Material nach Süden befördert wurde, hat auch im Westen der Theilungshalle durch die Pforte des Höhlenzuges W eine Abfuhr nach dessen Räumen stattgefunden. An der Pforte W lagern unter einer 70—80 cm mächtigen Kalksinterdecke Lehm-Schottergesteine, welche in petrographischer Beschaffenheit dem Material der Scholle gleichen. Ihre Oberfläche liegt 5 cm höher als die Sohle des dort befindlichen Weges und etwa 70 cm tiefer als die Deckenfläche der Scholle. Von dem Eingang des Höhlenzuges W fällt die von Kalksinter überdeckte Oberfläche der Lehm-Schottermasse ziemlich gleichmässig mit der deutlich zu erkennenden Schichtung nach Süden ein. Die Oeffnung des Höhlenzuges W nach der Theilungshalle war zur Zeit der Ablagerung der Lehm-Schotterformation ca. 1,7 m breit. Erst später bildete sich auf der Oberfläche ein mächtiger Kalksinterabsatz, welcher den ursprünglichen Hohlraum zwischen der Alluvion und dem Grundgebirge der Decke und Wandung bis auf ein faustgrosses Loch verschloss. Durch Sprengung und Ausgrabung wurde unterhalb dieses Loches der jetzige schmale Gang hergestellt, und dadurch links und rechts das beschriebene Profil aufgeschlossen. Die Lehm-Schotterformation lässt sich vom Eingang bis an den Zwergpalast, wo sie von künstlich abgelagertem Schutt überdeckt wird, verfolgen. Der weitere Verlauf liess sich bis jetzt nicht untersuchen.

Wenden wir uns nun wieder zur Alluvion im Gussmannsdom. An die fest gefügten Lehm-Schottermassen reiht sich am Eingang der Klamm ein unter 40° nach Süden neigendes Blockfeld an, bestehend aus cavernösem Spongiten-Kalk und festem Kalkstein, zwischen denen sporadisch noch Lehmschottergesteine lagern. Auf dieser Blockhalde gelangt man zur tiefsten Stelle der Klamm. Auch hier liegen ebenfalls Kalksteinblöcke, und weiter südlich steigt, wie im Norden, ein steiles Blockfeld gleicher Gesteine in die Höhe. Im Westen und Osten der Klamm tritt das Grundgebirge zu Tage. Die Blockfelder, wie die in der Klamm local eingeklemmten Blockschuttmassen verdanken Verstürzungen ihre Entstehung. Die Frage, ob und wie die Alluvion a unter den Block-

Wände der Theilungshalle zeigen auch so viele frische Bruchflächen, die Tropfsteinbildungen sind so spärlich entwickelt und so sporadisch vorhanden, dass man annehmen kann, die Verstürzungen haben vor nicht gar langer Zeit stattgefunden.

halden weitersetzt, kann zur Zeit nicht bestimmt beantwortet werden. Spätere Untersuchungen werden namentlich zu entscheiden haben, ob die im südlichen Blockfeld sporadisch vorkommenden Lehm-Schottergesteine ursprünglich zur Alluvion a gehörten oder ob sie Theile einer weiteren von Süden her eingeschwemmten Alluvion repräsentiren; ferner diese Fragen in anderer Weise gestellt, ob beide Abhänge durch Einbruch im Gebiet der Klamm hervorgerufen worden sind oder ob dem Wechsel in der Bodengestaltung vom Gussmannsdom nach der Klamm ein alter, schon zur Zeit der Bildung der Alluvion a vorhandener Absturz zu Grunde liegt und das südliche Gehänge unabhängig davon erst sekundär durch neue Ablagerungen entstanden ist.

Vom nördlichen Ende der oberen Höhle aus haben wir die Alluvion a bis in die Maurische Halle einerseits und bis in die Klamm andererseits verfolgt. Es hat sich dabei gezeigt, dass die Alluvion a mit der Alluvion b sowohl im Bau als auch in der Gesteinsbeschaffenheit übereinstimmt. Dass in den beiden Alluvionen a und b wirkliche Alluvionen, wesentlich durch Einschwemmung entstandene Ablagerungen vorliegen, ist feststehend. Ich führe hier noch einmal die wichtigsten Argumente dafür auf:

1. die Führung von Gesteinsstücken, welche durch keine gewöhnliche Denudation an den Ort ihres Vorkommens gelangen konnten,
2. eine gewisse Schichtung im Grossen wie im Kleinen,
3. die Analogie der allgemeinen Tektonik mit dem Aufbau von Wildbachschuttkegeln.

Ueber die Beziehungen beider Formationen zu einander lässt sich nicht viel Bestimmtes sagen; es scheint zwar, dass die Alluvion a, wenigstens theilweise, älter ist.¹⁾ Ein Punkt ist jedoch

¹⁾ Die Alluvion b liegt im Allgemeinen höher als die Alluvion a. In der sogen. Gesimsnische befinden sich an dem Tropfgestein der Wandung (also im Hangenden der die Alluvion a überdeckenden Kalksinterdecke) Wasserstandsmarken in verschiedenen Niveaus bis zu 1,6 m über dem Boden. Ob dieselben bei der Einschwemmung der Alluvion b in den Höhlenzug W oder später erzeugt worden sind, lässt sich nicht entscheiden. Die Unreinheit der Kalkkrystalle an den Wänden spricht für einen Absatz aus an klastischem Material reichem Gewässer. Die Ablagerung der beiden Alluvionen a und b hat man sich vielleicht so zu denken. Zuerst ging vom Plateau eine Einschwemmung nach der oberen Höhle aus (Bildung der Alluvion a). Die Einfuhrstelle für die Alluvion a kann sich nun geschlossen haben, die Einschwemmung erfolgte besonders stark von einer andern Stelle aus, von den Gebieten östlich der Halle E (Bildung der Alluvion b). Von dieser Stelle her mag aber auch schon zur Zeit der Bildung der Alluvion a eine Einströmung stattgefunden haben.

feststehend, nämlich der, dass beide einer und derselben Ursache ihre Entstehung verdanken, dass beide genetisch zusammenhängende Bildungen darstellen. Die Gleichheit des ganzen Aufbaus weist entschieden darauf hin.

Bei der Beschreibung der Alluvion b habe ich konstatiert, dass die Tektonik gegen eine Ablagerung aus, überhaupt gegen jede Mitwirkung von gewöhnlichen Bächen oder Flüssen, dagegen für einen unruhigen, raschen Absatz aus „wildem Gewässern“ spricht. Da die Tektonik der Alluvion b im Wesentlichen mit derjenigen der Alluvion a übereinstimmt, ist für diese dieselbe Genesis wie für jene anzunehmen. Die Gewässer, aus welchen die Alluvionen zum Absatz kamen, können also, weil jede Beteiligung von Bächen und Flüssen, somit die Speisung aus gewöhnlichen Quellen ausgeschlossen ist, nur unmittelbar einem Wasserbildungsgebiet, einem Wasserherde entstammen.¹⁾ Wasserherde sind aber allein Regen und Eis — beziehungsweise Schneeschmelze. Beide haben immer einen grossen Verbreitungsbezirk. Welcher Art nun jener Wasserherd gewesen ist, lässt sich bis jetzt aus den allgemeinen tektonischen Verhältnissen nicht entscheiden, es steht nur seine Existenz fest. Es ist klar, dass von jenem Wasserherde nicht allein nach den Gutenberger Höhlen Einschwemmungen stattgefunden haben; es ist vielmehr anzunehmen, dass auch andere Höhlen, überhaupt alle für Einschwemmungen zugängliche Räume solche erhalten haben müssen. In einigen Höhlen der näheren und weiteren Umgebung des Gutenberger Höhlensystems habe ich auch Alluvionen von demselben Typus wie die Alluvionen a und b vorgefunden.²⁾ Höchst wahrscheinlich repräsentiren dieselben unter sich und mit den beschriebenen Alluvionen Parallelbildungen. Zur Zeit der Bildung der Alluvionen a und b muss im Allgemeinen die Herrschaft der Hydrosphäre weit mächtiger gewesen sein als in der jetzigen geologischen Periode, Alluvionen von der Art der Alluvionen a und b können im Horizonte des W.J.δ. in der Jetztzeit nicht entstehen. In der jetzigen geologischen Periode liefert sowohl der Regen als auch die Schneeschmelze nur geringe Quantitäten Wassers.³⁾

¹⁾ Entstehung der starken Fluthungen durch Abzapfung eines Sees auf dem Plateau, eine sehr gesuchte Annahme, ist ausgeschlossen (Fehlen der entsprechenden Fossilien etc.).

²⁾ Höhle in der Pfulb, Krebssteiner Höhle, Wolfsschluchthöhle.

³⁾ Die Stosskraft des Wassers wirkt in der gegenwärtigen geolog. Periode auch bei grösstem Wasserreichthum nur in, unterhalb dem Gebiete des W.J.δ. gelegenen, freien Räumen stark. Das Wassersammelgebiet und auch das allgemeine orographische Gefälle für den Horizont des W.J.δ. ist nicht gross genug, um in der Jetztzeit auch

Die Strassen der Gewässer, aus welchen die Alluvionen in der Gutenberger Höhle zur Ablagerung gelangten, gingen natürlich von dem Plateau aus. Bis jetzt konnte jedoch auf demselben keine Einfuhrstelle nachgewiesen werden. Der Abschluss des Gebirges über dem Gutenberger Höhlensystem bildet sogar eine ziemlich gleichmässige Ebene, „das Köllergewand“, welche im Westen von dem Tiefenthal, im Norden von dem Höhenzug „Kämmerle“, im Osten von einer Bodensenke¹⁾ begrenzt wird. Nirgends lässt sich hier ein Höhleneingang oder eine Doline nachweisen. Lehm, wie derjenige in den Alluvionen a und b, bildet das Taggestein, und zwar treten in demselben Feuersteinknollen und die plattigen Kalke auf. In welcher Beziehung dieses Gestein zu den Alluvionen in der Höhle steht, müssen weitere Untersuchungen entscheiden. Ohne Zweifel stammt das Hauptmaterial der Alluvionen vom Plateau;²⁾ wie es zusammenkam, welches die Genesis des Lehms ist, müssen ebenfalls noch offene Fragen bleiben.

d) Ueber die geologischen Verhältnisse im Hangenden und im Liegenden der Alluvionen a und b.

In den meisten Räumen des Gutenberger Höhlensystems, im Höhlenzug W (exclus. Maur. Halle), in der Oberen Höhle, im Gussmannsdom und in der Halle E sind die Alluvionen in ihrem Gefüge wohl beinahe unverändert erhalten. Bei ihnen wird die alte Oberfläche noch ziemlich intact sein. Nur eine Kalksinterdecke und sporadisch gewöhnlicher Denudationsschutt lagern auf ihnen. Die ganzen Verhältnisse bekunden, dass nach der Ablagerung der Alluvionen das „Werden“ nur äusserst langsam sich vollzog, dass dasselbe nur geringe Veränderungen ausführte (gewöhnliche Denudation und Tropfsteinbildung). Von grösseren Ver-

bei momentanem grossem Wasserreichthum die Entstehung von Ablagerungen, wie die Alluvionen a und b es sind, im Horizonte des W.J.ð. zu veranlassen. Meiner Ansicht nach ist es sehr unwahrscheinlich, dass man es bei der Bildung der Alluvionen mit den gleichen Durchfeuchtungsverhältnissen, wie sie in der Gegenwart herrschen, zu thun hat; ich nehme vielmehr an, dass eine bedeutend grössere allgemeine Durchfeuchtung die Ursache für die Entstehung der Alluvionen war.

¹⁾ Kölleriesle, eine 20—30 m breite und 100—120 m lange Senke, welche in h 1/4 streicht. Vielleicht repräsentirt dieselbe ein eingestürztes Höhlengebiet. Die grösste Tiefe der Senke, ca. 7 m, befindet sich am Steilrand. Am nördlichen Ende der Senke schliessen sich an dieselbe zwei flache Wassersammelbecken in den Richtungen nach NO u. NW an. Die Entfernung des Kölleriesles vom Höhlenzug O beträgt ca. 75 m.

²⁾ An vielen Stellen ist in Klüften und Nischen des Gebirges Lehm eingelagert. Wahrscheinlich hat man es hier hauptsächlich mit von dem Plateau her durch die Sickerwasser eingeschwemmtem Material zu

änderungen sind dagegen die Maurische Halle, die Theilungshalle und die Klamm betroffen worden. In der Maurischen Halle fanden Verstürzungen statt, es bildete sich das dortige Blockfeld, in der Theilungshalle erfuhr der Untergrund Einbrüche und Einsenkungen, und in der Klamm machten sich Verstürzungen, vielleicht auch Einbrüche geltend, es entstanden die dortigen Blockfelder. In den drei erwähnten Gebieten hat also eine regere Denudation als in den übrigen Räumen stattgefunden. Gross sind zwar die Veränderungen, die durch die genannten Vorgänge vollzogen worden sind, nicht, und man kann sagen, dass im Gutenberger Höhlensystem nach Ablagerung der Alluvionen, weder durch mechanische Ausräumung noch durch mechanische Ausfüllung viel verändert wurde. Abgesehen von der Tropfsteinbildung halten sich seit der Bildung der Alluvionen Ausräumung und Ablagerung, und zwar im Dienste des gewöhnlichen mechanischen Stoffumsatzes so ziemlich das Gleichgewicht.

Im vorhergehenden Abschnitte habe ich erwähnt, dass die Hohlräume des Gutenberger Höhlensystems schon vor dem Beginn des Absatzes der Alluvionen im Wesentlichsten ausgebildet waren. Das ganze Auftreten der Alluvionen weist ja darauf hin.

Zur Zeit der Bildung der Alluvionen herrschte die aufbauende Thätigkeit vor, Die Gewässer haben damals vorwiegend abgelagert, beziehungsweise angeschwemmt. Die eigentliche Höhlenbildung, die Ausräumung im Grundgebirge ist das Werk aus einer früheren Periode.

Es ist auffällig, dass das Tropfgestein beinahe ausschliesslich im Hangenden der Alluvionen a und b auftritt. Bis jetzt konnte ich im Horizonte der Alluvionen weder etwaig gleichaltriges noch älteres primär anstehendes Tropfgestein nachweisen. Nur als Findlinge lagerten einzelne Tropfsteinstücke in der Lehm-Schotterformation der Halle E.

Während und wahrscheinlich auch vor dem Absatz der Alluvionen muss demnach im Gutenberger Höhlensystem die Thätigkeit der Sickerwasser eine vorwiegend erosive gewesen sein. In der Klamm zeigt auch das Grundgebirge starke Erosionsformen (Riefen und Kerben)¹⁾, welche durch eine schwache Kalksinterschicht überdeckt sind; wahrscheinlich hängt der Wechsel in der Dynamik

thun. Ab und zu mögen zwar auch Residua von dem durch das Sickerwasser chemisch zersetzten Kalkstein des umstehenden Grundgebirges Thonpartikel etc., am Aufbau dieser Lehmgesteine sich betheiligen. Zu bemerken ist, dass das Grundgebirge der Wandung und der Decke fast überall von einem feinen Schichtchen Thon- oder Lehmgestein überkleidet ist, daher die bräunliche Färbung des Felsgesteins.

¹⁾ Entstanden durch Erosion des Sickerwassers.

der Sickerwaasser, welcher dadurch dokumentirt wird, mit der Verschiedenheit des geologischen Bau der Wandungen, einerseits im Horizonte der Alluvionen (keine Tropfsteinbekleidung), andererseits im Hangenden derselben (Tropfsteinbekleidung) zusammen. Welche Umstände es waren, die die vorwiegend erosive Thätigkeit der Sickerwasser bewirkt haben, lässt sich zur Zeit nicht bestimmen. Vielleicht war die grössere Herrschaft der Hydrosphäre, beziehungsweise die grössere Menge des freien und dadurch auch des eingesickerten atmosphärischen Wassers die Quelle dieser Erscheinung. Durch die grössere Menge des dem Grundgebirge zugeführten Wassers musste ja der Druck auf die Sickerwasser erhöht worden sein, die Wasser wären rascher durch das Gebirgsgefüge hindurchgefördert worden und die Region, in welcher das Sickerwasser auflösend arbeitete, müsste demnach eine grössere, beziehungsweise tiefere gewesen sein¹⁾.

Ueber die eigentliche Höhlenbildung im Gutenberger Höhlensystem²⁾ und die historisch geologische Stellung der Zeit, in welcher die Alluvionen a und b gebildet wurden, hoffe ich, später besondere Mittheilungen machen zu können.

¹⁾ Die Ursache kann auch anders gedacht werden. Sehr feuchte Höhlen, namentlich Höhlen, welche von Bächen durchflossen werden, sind oft arm an Tropfgestein (Wimsemer Höhle bei Zwiefalten, Schwäbische Alb). Die Sickerwasser können in solchen Höhlen reich sein an kohlsaurem Kalk, die Feuchtigkeit lässt aber eine Verdunstung der Sickerwasser, eine Hauptbedingung für Tropfsteinbildung, nicht zu.

²⁾ Die Hauptarbeit bei der Höhlenbildung scheint von erosiven Bachgewässern ausgegangen zu sein. Auf die Thätigkeit solcher Gewässer weisen an verschiedenen Stellen (in der Klamm, im Gang α) die die für die Erosion von Bach- und Flussgewässern charakteristischen Wandungsformen („Serpentinenzüge“, welche in keinem Zusammenhang mit der Schichtung an der Felswandung verlaufen) hin. Derartige Erosionsformen habe ich auch in anderen Albhöhlen, so namentlich in einer Höhle im Tobelthal bei Oberlenningen und in der Heimensteiner Höhle konstatiert.

Erklärung der Tafel V.

Erläuterungen zur graphischen Darstellung des Gutenberger Höhlensystems.

Zeichenerklärung. H Heppenloch, v vorderes, h hinteres; P hinteres Portal des Heppenlochs; E Halle (grosse Einschwemmungshalle); K grosses Knochenlager; N kleine Knochenester; α Gang; G Gothische Halle; 1—8 (im Höhlenzuge W) Kammern, durch Gänge mit einander verbunden; o Obere Höhle; 1 und 2 (im Höhlenzug O) Umbiegungen; T Theilungshalle; t Spaltenzug; X Gang; ob. Stelle des meteorolog. Observatoriums vom Schwäb. Höhlenverein; D Gussmannsdom; k Klamm.

Die kleinen Pfeile zeigen die Richtung des Schichtenfalls der Alluvionen an.

Der Grundriss ist immer in den tiefsten Horizonten gezeichnet. Im Allgemeinen giebt er das Bild von der Umgrenzung der jetzigen Bodenfläche.

Die Grundlinie des Profils hat folgenden Verlauf: östlicher Thürpfosten am vorderen Portal des Heppenlochs (Eingang), — westlicher Thürpfosten (am Gemäuer) des 2. Thors, — Mitte des hinteren Portals vom Heppenloch, — Mitte der ersten Schwelle der Treppe, — Ende der Treppe (Mittellinie durch die Treppe). In der weiteren Erstreckung ist der Verlauf der Grundlinie des Profils immer in der Mittellinie der Hohlräume.

Der im Profil ohne Schichtung gezeichnete Theil der Alluvion b ist durch Ausgrabung entfernt worden.

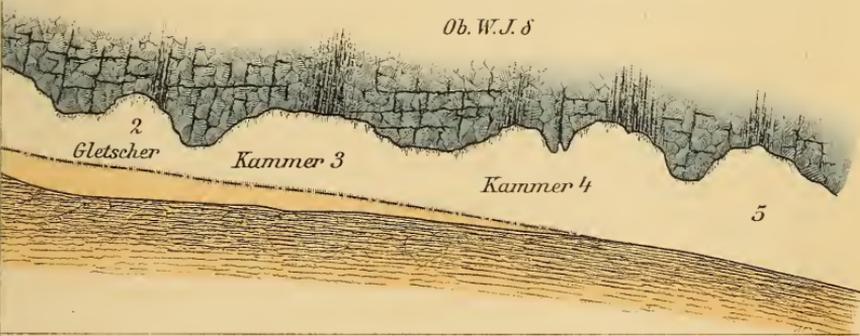
Der dislocirte Theil der Alluvion a in Halle T ist mit der bei der Erschliessung der Höhle vorhandenen Umgrenzung eingezeichnet (ungefährtes Bild).

Der Aufstieg (im Profil) von Halle E nach der Gothischen Halle ist schematisch eingetragen. In Wirklichkeit setzt sich derselbe zusammen aus einer hölzernen Treppe und 3 steinernen Stufen, welche sich nach oben an die Treppe anreihen. Die hölzerne Treppe ist im Grundriss eingezeichnet, dagegen sind die steinernen Stufen nicht angegeben.

Die Marksteine im Heppenloch sind nicht in ihrer natürlichen Position eingetragen. Die sie zur Darstellung bringenden Zeichen sollen nur den Ort der Grenzmarken angeben.

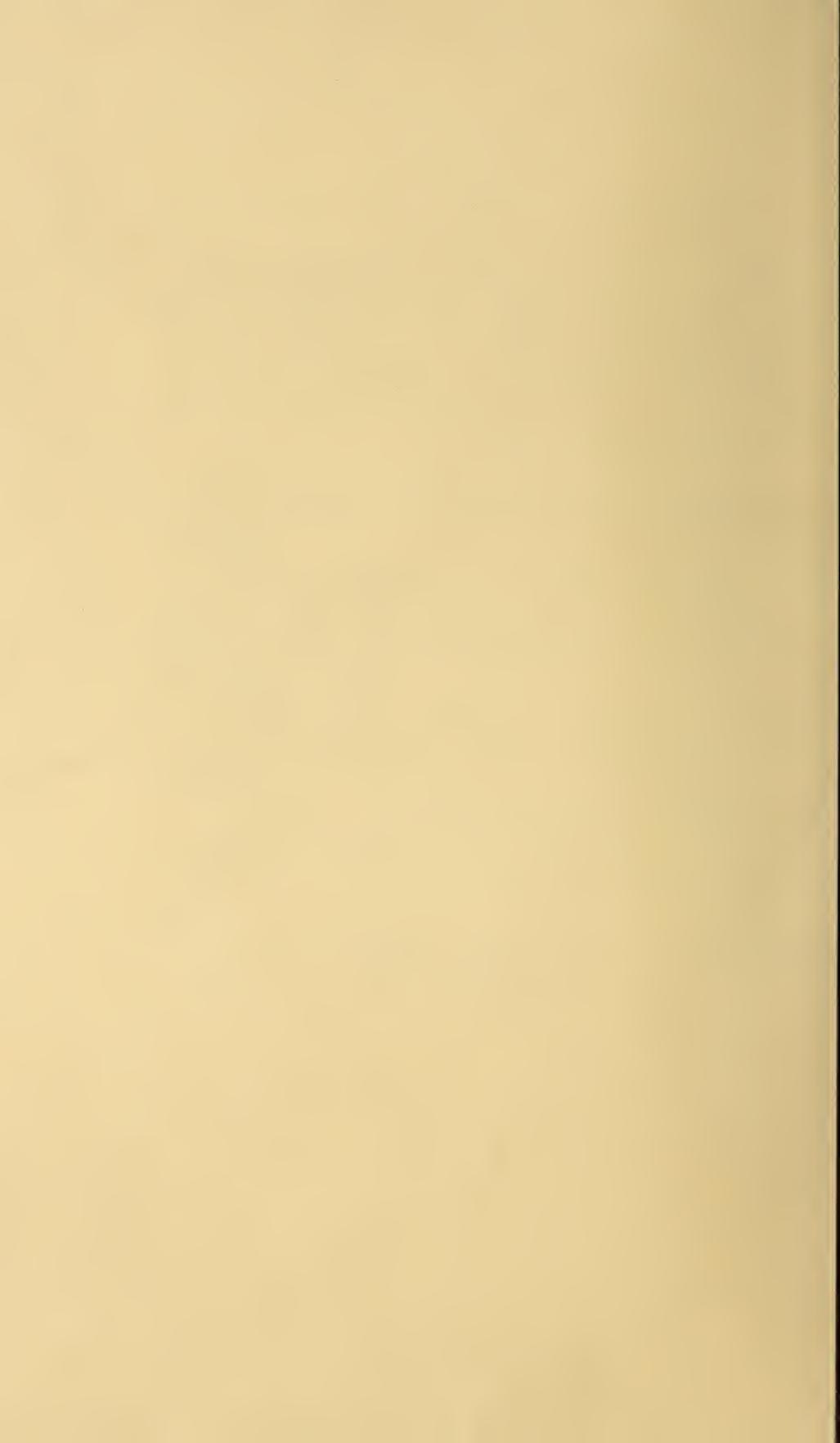


Höhlenzug 0



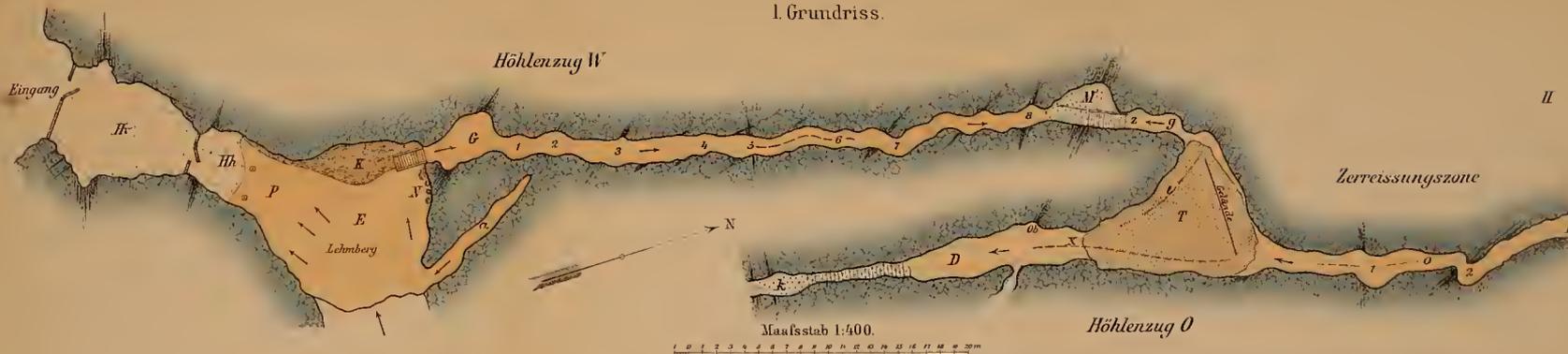
teren Heppenloch (Grenze Gutenberg-Schopfloch).
 cal mit aufgelagerten Malinblöcken durch Ausgru-
 Theil entfernt. (Das Liegende bildet die Alluvion b).
 vor der Ausgrabung 1889/90).

ichtigsten Spaltenzüge in der Decke.

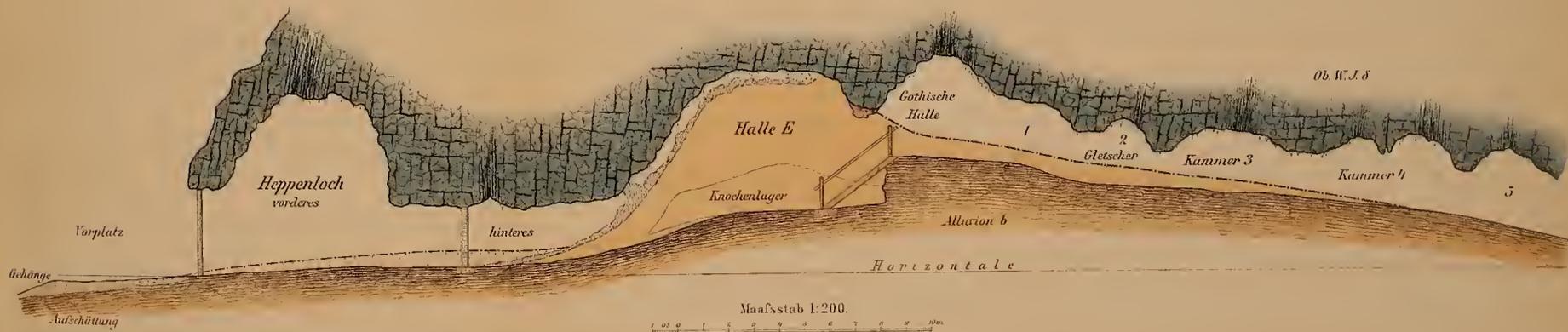


Gutenberger Höhlensystem, geologisch aufgenommen von Karl Endriss.

I. Grundriss.



2. Längsprofil des vorderen Theiles.



- | | | | |
|---|-------------------------|---|------------------------------------|
|  | Grundgebirge |  | Alluvion b. |
|  | Alluvion a, festgefügt. |  | Lehm, Sand und Thon im Heppenloch. |
|  | " locker |  | Blöcke des Weissen Jura & etc. |

-  Marksteine im hinteren Heppenloch (Grenze Gutenberg-Schopfloch).
-  Kalksinterlecke, local mit aufgelagerten Malmblocken durch Ausgrabung zum grössten Theil entfernt. (Das Liegende bildet die Alluvion b).
-  Alte Bodenfläche (vor der Ausgrabung 1889/90).
-  Projection der wichtigsten Spaltenzüge in der Decke.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1892

Band/Volume: [44](#)

Autor(en)/Author(s): Endriss Karl

Artikel/Article: [Zur Geologie der Höhlen des Schwäbischen Albgebirges. 49-83](#)