

Geologische Skizze der Umgebung von el-Ḥammi.

Von **Dr. Fritz Noetling**, zur Zeit in Berlin.

Ohne meiner später in dieser Zeitschrift erscheinenden geologischen Beschreibung des Dschölän und nördlichen 'Adschlūn vorgreifen zu wollen, halte ich es für zweckmässig, bereits jetzt eine kurze geologische Skizze der Umgebung von el-Ḥammi zu publiciren. Der Maassstab 1 : 152,000, in welchem die geologische Karte des Dschölän und nördlichen 'Adschlūn erscheinen wird, erlaubt es nicht, kleinere Details mit der wünschenswerthen Schärfe des Ausdruckes wiederzugeben. Die Umgebung von el-Ḥammi, welche ich ziemlich sorgfältig untersucht habe, würde sich auf jener Karte kaum verständlich darstellen lassen, wenn man erwägt, dass mir dort knapp ein Quadratcentimeter Raum zur Eintragung meiner Beobachtungen zu Gebote steht.

Da nunmehr auch im IX. Bde. dieser Zeitschrift Herr SCHUMACHER eine sehr sorgfältig aufgenommene Karte der Umgebung von el-Ḥammi im Maassstab 1 : 10,000 publicirt hat, so steht mir somit eine topographische Grundlage dieser Gegend zu Gebote, welche für meine Zwecke mehr als ausreichend ist. Ich will daher das Kapitel der Thermen von el-Ḥammi als gesonderte, kleine Studie publiciren, was um so leichter angänglich ist, als es ein in sich geschlossenes, abgerundetes Thema darstellt. Dem Leser werden bei dieser Gelegenheit bereits einige der Hauptgrundzüge der Geologie des Dschölän vorgeführt werden, welche ihm das Studium meiner späteren Abhandlung wesentlich erleichtern und verständlich machen werden.

Herr Dr. BÄRWALD in Berlin hatte die Güte, die in folgender Abhandlung verwertheten Analysen des Quelltuffes und der Thermalwasser auszuführen. Leider war die Menge der Wasserproben, je eine Champagnerflasche voll, zu gering, um auf seltenere Elemente wie Jod oder Brom zu prüfen, dazu wäre mindestens die dreifache Quantität erforderlich gewesen, aber nichtsdestoweniger hat Herr Dr. BÄRWALD die bei der geringen Menge um so schwierigeren Analysen mit so grosser Sorgfalt ausgeführt, dass ich ihm hierfür zu ganz besonderem Danke verpflichtet bin.

I. Orographische Uebersicht.

Während alle anderen Thermen, welche in der Umgebung des Tiberiassees zur Oberfläche gelangen, innerhalb des Jordangrabenbruches selbst, sei es auf der östlichen oder sei es auf der westlichen Hauptspalte zu Tage treten, bilden die Quellen bei el-Ḥammi eine bemerkenswerthe, aber nicht vereinzelt dastehende Ausnahme, da sie nämlich nahezu 4 km östlich der Hauptspalte, in dem engen schmalen Jarmūkthale zu Tage kommen.

Das mittlere Thal des Jarmūk; d. h. von der Vereinigung des Nahr er-Ruḳḳād mit dem oberen Jarmūk bis oberhalb el-Ḥammi, bildet eine ziemlich genau von NO. nach SW. gerichtete Rinne, wobei natürlich von kleineren Krümmungen abzusehen ist. Etwa 9 Kilometer unterhalb der Vereinigung verlässt jedoch das Thal seine bisher innegehaltene Richtung, indem es sich um mehr als 90° nach Osten dreht, die Thalrinne mithin NW. nach SO. gerichtet ist. Diese Richtung behält der Fluss nur auf eine Länge von kaum mehr als 1,5 Kilometer bei, dann folgt eine abermalige Drehung um etwa 60° nach Westen, so dass nunmehr der Fluss eine ziemlich genau O.-W. laufende Richtung einschlägt, die er auf 1,3 Kilometer Länge beibehält. Dann wendet er sich wieder um nahezu 90° gegen Osten, aber die nunmehrige NW.-SO.-Richtung behält der Fluss nicht mehr als 700 Meter, um sich dann wiederum um 90° nach Süden zu drehen und einen O.-W. gerichteten Lauf einzuschlagen, der ihm im allgemeinen bis zur Mündung in's Jordantal bleibt.

Innerhalb der beiden parallelen, aber entgegengesetzt gerichteten NW.-SO. und des W.-O. laufenden Flussschenkels liegen die Hauptthermen von el-Ḥammi.

Das bisher schmale und enge Jarmūkthal erweitert sich an dieser Stelle durch Auseinandertreten der nördlichen und südlichen Thalwand zu einem halbkreisförmig nach Süden ausgebuchteten Kessel, dessen Nordrand durch die steilen, fast unersteiglichen Gehänge des *dschebel 'ajūn* gebildet wird, welcher seinerseits wiederum nur einen Theil des Südabfalles des Dschölän darstellt, dessen Plateau 473 Meter über der Thalsole liegt. Eine nahezu senkrechte Wand, an welcher der Fluss hart dahinfliessen, schliesst den Kessel nach Osten und Westen ab, während das Südgehänge in sanften, terrassirten Böschungen allmählich zu dem Plateau von Mkēs ansteigt.

Unterhalb des Thalkessels von el-Ḥammi rücken die Gehänge des Jarmūkthales wieder so nahe zusammen, dass der Fluss in einer ganz engen Rinne dahinbraust. Es ist eine der reizvollsten landschaftlichen Szenerien, welche der Dschölän bietet, wenn man urplötzlich, nach einer Wendung, aus dem engen Defilé des unteren Jarmūkthales in den Thalkessel von el-Ḥammi hinausblickt.

Die Sohle des Kessels wird von der Ebene el-Ḥammi gebildet, die nach den Messungen des Herrn SCHUMACHER 1450 Meter Länge und ein Gesamtareal von 72,5 Hectaren besitzt. Aus dieser Fläche ragen zwei merkwürdige isolirte Hügel, auf welche ich weiter unten zu sprechen komme, heraus. An den kleineren östlichen wurde das Theater angebaut, während der grössere, westliche, Ruinen mehrerer Gebäude zeigt.

Diese Ebene ist das eigentliche Gebiet der Thermenthätigkeit. Nach eigenen Messungen und nach solchen des Herrn SCHUMACHER befindet sich dieselbe immer noch 176 m unterhalb des Mittelmeerspiegels. Sie gehört also noch in das Depressionsgebiet des Jordangrabenbruches in weiterem Sinne, d. h. sie würde, falls das Jordantal mit Wasser erfüllt würde, noch unter den Wasserspiegel zu liegen kommen.

Nach Norden vermittelt eine zweite, etwa 40 Meter höher gelegene Ebene *es-sateh*, in Form einer auffallenden Terrasse mit senkrechter Bruchwand den Aufstieg zum *dschebel 'ajūn*, während im Osten, Süden und Westen der Flusslauf die Ebene el-Ḥammi einfasst.

II. Geologische Struktur.

In dem hier umschriebenen Gebiete konnten folgende Abtheilungen unterschieden werden, die auch kartographisch zum Ausdruck gelangten:

- | | | |
|----------------------|---|--|
| a) Senon | } | 1. Bituminöse Kalke mit <i>Lucina hammetensis</i> .
NOETLING. |
| | | 2. Weisse Kreide mit Feuersteinschnüren. |
| b) Alt-
Alluvium | } | 3. Ez-zeijätinlava. |
| | | 4. Alt-alluvialer Jarmükschotter. |
| | | 5. Ruḳḳädlava. |
| c) Jung-
Alluvium | } | 6. Quelltuff. |
| | | 7. Jung-alluvialer Jarmükschotter. |
| | | 8. Gehängeschutt, vorwiegend Kreidesteine. |
| | | 9. Gehängeschutt, vorwiegend Basalte. |

a) Senon.

1. Unter-Senone, bituminöse Kalke mit *Lucina hammetensis* NOETL.

Diese zugleich älteste Schicht des Dschölän ist nur an der linken Seite des östlichen Flussschenkels, etwa von der Stelle an, wo der Jarmük aus seiner NW.-SO.-Richtung westwärts umbiegt thalaufwärts, auf etwa 800 Meter Entfernung, aufgeschlossen. Der Aufschluss wird durch eine steile Wand gebildet, an welcher der Fluss so hart hinströmt, dass kaum eine schmale Passage frei bleibt.

Die Schichten fallen etwa unter 30—35° nach NW. und streichen in der Richtung NO.-SW. Man gelangt also vom südlichsten Punkte an thalaufwärts gehend in immer jüngere Schichten. Leider war die Südgrenze nicht zu beobachten, da sie durch Reste des Ruḳḳädlavastromes verdeckt wird, doch muss man annehmen, dass sie durch eine NO. streichende Verwerfung abgeschnitten wird, da kurz hinter dem Lavarest die feuersteinhaltigen Kalke des oberen Senon wiederum anstehen. In nordwestlicher und nordöstlicher Richtung verschwinden sie unter den feuersteinführenden Kreidekalken des oberen Senon.

Diese Abtheilung stellt einen Komplex dünner Schichten eines stark thonigen, tiefbraunen Kalkes dar, der beim Anschlagen intensiv bituminös riecht. Unter dem Einfluss des Sonnen-

lichts bleicht die dunkle Farbe oberflächlich aus und der braune Kalk überzieht sich mit einer grauen Haut. Das einzige Fossil, welches ich neben einigen spärlichen Fischresten an dieser Stelle in einiger Häufigkeit fand, ist eine scharf gerippte *Lucina*, anscheinend eine neue Art, welcher ich den Namen *L. hammetensis* beilegen möchte.

2. Ober-Senone, weisse Kreide mit Feuerstein.

Die nächstfolgende Schicht wird durch einen gelblich weissen, schwach thonigen Kalk repräsentirt, der Feuersteinknollen in Schnüren eingelagert enthält. Er überlagert die bituminösen Kalke direkt, und zwar fallen seine Schichten im allgemeinen gleichsinnig mit diesen. An der Süd- und Westseite tritt die feuersteinführende Kreide hart an den Fluss heran, während an der Nordseite die Quelltuffe zwischen Kreide und Fluss liegen. Sehr eigenthümlich sind zwei isolirte Kegel feuersteinführender Kreide, welche aus der Tuffebene herausragen und ringsum von Quellabsätzen umgeben sind. Das Bemerkenswerthe dieser Hügel liegt darin, dass ihre Oberkante — sehr scharf kann man die Oberkante namentlich beim westlichen Hügel beobachten — genau mit der Unterkante des an der Nordseite noch anstehenden Lavastromes zusammenfällt. Versteinerungen konnten in dieser Schicht trotz eifrigen Suchens nicht gefunden werden.

b) Alt-Alluvium.

3. Ez-zeijätinlava.

Von diesem Lavastrom, den ich nach der Stelle benannt habe, an welcher er im oberen Jarmūkthale vom Plateau herabbricht, ist an der Nordwestecke auf der linken Thalseite unseres Gebietes ein kleiner Fetzen in etwa einer Höhe von 30 Metern über dem Flussbett erhalten geblieben. Die Lava bildet hier eine scharf in's Thal vorspringende Nase, deren Fuss von einer Schutthalde umsäumt wird, die bis zum Flussbett hinabreicht.

So weit vorläufige Untersuchungen ergeben haben, dürfte das Gestein ein echter Basalt sein. Des Weiteren muss ich hierüber auf die Abhandlung meines Freundes TENNE verweisen, welcher eine Untersuchung der von mir gesammelten Gesteine vorbereitet.

4. Alt-alluvialer Jarmūkschotter.

In einer Höhe von etwa 10 Metern über dem Bachspiegel ist in der Nordwestecke auf der rechten Thalseite, etwa gegenüber den Höhlen, ein kleiner Rest des alt-alluvialen Jarmūksgerölles erhalten. Es sind fest zusammengepackte, weit über kopfgrosse Basalt- und einzelne Kreideblöcke mit stellenweise eingelagertem Sand; hie und da finden sich kleine Conchylienreste einer costaten *Melanopsis* angehörig.

Ueber diese Schichten habe ich mich an anderer Stelle¹⁾ eingehend ausgesprochen und kann daher auf diese Abhandlung verweisen. Auch hier lagert die Geröllbank direkt auf obersononer Kreide und wird von dem Rukḳādlavastrom bedeckt.

5. Rukḳād lava.

Diesen Namen habe ich dem Lavastrom beigelegt, welcher, aus dem Rukḳādthale herabkommend, im Jarmūkthal weitergeflossen ist. Er bildet eine sehr ausgeprägte Terrasse, die Ebene *es-sateh*, die sich im Norden an die Gehänge des *dschebel 'ajūn* anlehnt und nach Süden in steiler Wand gegen die Ebene el-Ḥammi zu abbricht. Ich taxire die Mächtigkeit des Lavastromes hier auf 25—30 Meter; er ist ebenfalls echter, säulenförmig abgesonderter Basalt, über welchen wir durch Herrn TENNE Näheres erfahren werden. Die untere Grenze der Lava gegen die Kreide ist leider durch eine dichte Schutthalde verdeckt, die sich noch bis auf den Quelltuff hinabzieht.

Die Höhlen, welche Herr SCHUMACHER²⁾ erwähnt, sind meiner Ansicht nach durch allmähliches Auswittern einzelner Basaltsäulen entstanden; möglicherweise ist auch der Natur durch Menschenhand nachgeholfen worden.

Getrennt durch eine schmale, tiefeingerissene Schlucht von diesem grössern Theile des Rukḳādlavastromes befindet sich ein kleiner Fetzen in der Nordwestecke unseres Gebietes, dicht über der Stelle, von welcher SCHUMACHER a. a. O. S. 299 die Höhle abbildet.

Ein weiterer kleiner Fetzen liegt dicht am Bachufer in der Südostecke auf der linken Thalseite.

1) Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft Jahrg. 1886, pag. 653.

2) Siehe diese Zeitschrift Bd. IX, 298.

c) Jung-Alluvium.

6. Quelltuffe.

Die eigentliche Ebene el-Hammi, wie sie auf unserer Karte von den beiden parallelgerichteten Flussschenkeln im Osten und Westen und dem senkrecht daraufgerichteten im Süden umschrieben wird, ist durch Quelltuffe gebildet, die am Bachufer in steiler Wand bis zu 10 Meter Mächtigkeit aufgeschlossen sind. Eine kleinere Portion liegt am linken Ufer, an der Stelle, wo sich die Hütten der *'arab el-muchaibi* befinden.

Diese Quelltuffe sind von hellbrauner Farbe, deutlich geschichtet und besitzen nach einer Analyse, welche Herr Dr. BÄRWALD freundlichst ausgeführt hat, folgende Zusammensetzung:

Calciumsulfat	0,59 %.
Calciumcarbonat	96,23 „
Magnesiumcarbonat	1,84 „
Kieselsäure	0,29 „
Wasser	1,46 „
	<hr/>
	100,41 %.

Es ist also beinahe reiner kohlen-saurer Kalk, mit nur geringen Beimengungen von Gyps, kohlen-saurer Magnesia und Kieselsäure; dagegen hinterlässt er beim Lösen mit Salzsäure neben der Kieselsäure deutlich organische Substanz.

Organische Reste sind nicht selten: abgesehen von den Kriechspuren von irgend welchen Thieren, die in vielfach verschlungenen Windungen die Schichtflächen bedecken, findet man häufig genug schlechte Abdrücke von Pflanzen; etwas seltener sind Melanopsisarten, welche Herr BOURGUIGNAT freundlichst als *M. prophetarum* BOURG. und *M. laevigata* LAM. bestimmte.

7. Jung-alluvialer Jarmükschotter.

Der Jarmük schafft in Folge seines starken Gefälles alljährlich bedeutende Geröllmassen aus seinem Entwässerungsgebiete heraus. Die Gewalt der zeitweiligen Strömung presst diese Geröllmassen stellenweise zu einem so festgepackten Steinpflaster zusammen, dass sich der Fluss damit selbst sein Bett versperrt und gezwungen ist, sich in den mannichfaltigsten Windungen in seiner Rinne dahin zu schlängeln, und daher bald auf der einen, bald auf der anderen Thalseite in hohem Grade erosiv thätig wirkt.

In weitaus überwiegendem Maasse sind es Basaltgerölle, die zuweilen eine Grösse von über 1 Cubikmeter erreichen. Feuersteine sind seltener und noch seltener sind weisse Kreidekalke.

Ein solches Steinpflaster liegt in der südwestlichen Ecke unseres Gebietes, einerseits an die Quelltuffe, andererseits an Steilgehänge der Obersenonkalke angelagert. Deutlich ist in dieser Schottermasse ein alter Flusslauf markirt, der sich ziemlich hart am Steilufer hinzieht.

Schotterablagerungen von geringerer Ausdehnung finden sich allenthalben, wo die lokalen Verhältnisse einen Absatz derselben begünstigten. Sie mögen jedoch von geringerer Dauer sein, da die nächste stärkere Winterfluth sie wieder hinwegführen kann.

8. u. 9. Gehängeschutt von basaltischen und Kreidesteinen.

Eine der charakteristischsten Erscheinungen der Thäler des Dschölän, wie Palästina's überhaupt, sind die Gehängeschutte. Sie umsäumen in grösserer Ausdehnung als flache, in geringerer als ziemlich steile Kegel stets den Fuss stark geneigter Thalböschungen. Konstant liegen sie am unteren Ende einer im Gehänge eingerissenen Rinne, die nach unten an Tiefe zunehmend, nach oben, häufig sich verzweigend, verschwindet. Das Charakteristische der Gehängeschuttkegel besteht darin, dass sie sich durchweg aus eckigen, nicht abgeröllten Gesteinstrümmern aufbauen. Ein ganz bedeutender Schuttkegel, der die Schuttmassen der West- und eines Theils der Südseite des Thalkessels vereinigt, liegt in der Südwestecke unseres Gebietes, ein kleinerer etwas flussaufwärts, am Wege nach Mkës.

Eine mehr lokale Erscheinung sind die Schuttmassen, welche den Fuss der Lavaströme umsäumen. Sie entstehen durch allmähliches Abstürzen der prismenförmig zerklüfteten Lava und Aufspeicherung des Schuttes am Fusse der Gehänge. Daher verhüllen sie oft auf grössere Entfernung hin völlig den Untergrund. Eine solche Schutthalde umsäumt z. B. den Fuss der Ebene *es-sateh*, in geringerem Maasse die scharf vorspringende Ecke des Ez-zeijätinlavastromes in der Nordwestecke unseres Gebietes.

III. Die Thermen von el-Hammi.

Die seit Alters her berühmten Thermen sprudeln an mehreren Punkten aus der Quellstufe hervor. Nach unseren gemeinschaftlichen Untersuchungen konnten SCHUMACHER und ich auf der rechten Flussseite fünf Einzelquellen, auf der linken dagegen nur eine einzige finden. Es ist nicht nur möglich, sondern sogar sehr wahrscheinlich, dass auf der rechten Thalseite noch mehr als die unten aufgeführten Quellen entspringen. In Folge der stellenweise eingetretenen Versumpfung des Bodens war es uns jedoch nicht möglich, weitere aufzufinden.

a) Thermen auf der rechten Flussseite.

1. *Hammet ed-dscharab*.

Diese an Quantität des täglich entfließenden Wassers sehr ausgiebige Therme liegt am westlichen Ende der Ebene, zwischen dem grösseren Kreidefelsen und der Steilwand der Rukḳādla rund 450 Meter südlich von letzterer entfernt.

Die Quelle sprudelt unter ziemlich heftiger Gasentwicklung aus mehreren Öffnungen im Grunde eines im Quellbette eingesenkten kreisförmigen Bassins hervor. Der Abfluss erfüllt zunächst ein dicht daneben liegendes, grösseres Becken von elliptischer Form, in welchem ehemals, vielleicht auch noch heutzutage, ein Zweig der Therme mündete.

Der Abfluss dieser beiden Becken läuft dicht am nördlichen Gehänge des Kreidefelsens¹⁾ gegen Westen und mündet nach etwa 200 Meter langem Laufe in ein grösseres, längliches Becken, das hart am Rande der Ebene liegt. Dieses letztere, dessen Sohle mindestens 5 Meter über dem Niveau des Jarmūk liegt, stellt eigentlich eine Vereinigung kleiner Bassins dar, die wohl ehemals ebenfalls Thermal-mündungen enthielten, heute aber nur noch durch den Abfluss der *birket ed-dscharab* gespeist werden. Die Mündung des Beckens in den Jarmūk liegt beinahe dicht an der Steilwand des Lavastromes, vielfach aber läuft auch das Wasser über den Westrand hinweg direkt dem Bache zu.

Das Wasser, wie es in dem ersten Becken zu Tage tritt, ist ausserordentlich klar, von tiefblauer Farbe, riecht und schmeckt

1) Dicht am Ende desselben ist zu gewerblichen Zwecken ein Theil des Wassers abgezweigt, das, nachdem es dieselben, das Treiben einer Mühle, erfüllt hat, in den Jarmūk fliesst.

aber intensiv nach Schwefelwasserstoff. Herr SCHUMACHER schätzt den Abfluss auf etwas mehr als einen Kubikmeter pro Sekunde.

Wiederholt ausgeführte sorgfältige Messungen der Temperatur des Wassers im ersten Becken dicht in der Nähe einer Mündung ergaben dieselbe zu $40,6^{\circ}$ Celsius, bei 27° Lufttemperatur.

Eine Analyse des Wassers ergab auf 1 Liter Wasser folgenden Gehalt mineralischer Bestandtheile:

Magnesiumcarbonat . . .	0,14.
Calciumcarbonat	0,09.
Calciumsulfat	0,17.
Calciumchlorid	0,15.
Chlornatrium	0,29.
Kieselsäure	0,03.
	0,87.

Der Absatz der Quelle ist nur unbedeutend; er stellt sich in Form eines gelblich weissen Schlammes dar, der die Wände des Bassins und des Abflusses auskleidet. Irrthümlich wird derselbe für Schwefel gehalten, er dürfte aber wohl zum grössten Theil kohlenaurer Kalk sein.

2. *Ain bülus.*

Dicht neben der obengenannten Therme, kaum 2 Meter von ihr entfernt, entspringt in einer kleinen Höhlung des Quelltuffes eine zweite allerdings sehr unbedeutende Quelle. Das merkwürdigste dieser Quelle besteht darin, dass sie, trotzdem sie der *hammet ed-dscharab* so nahe liegt, dennoch eine Temperaturdifferenz von $15,6^{\circ}$ Celsius weniger aufweist, da ihre ebenfalls durch wiederholte Messungen ermittelte Temperatur nur 25° Celsius beträgt, bei einer Lufttemperatur von 27° C. Das Wasser dieser Quelle ist farblos und fliesst in das Bassin der *hammet ed-dscharab*. In Folge der bedeutenden Temperaturdifferenz findet ein starkes Einströmen des heissen Wassers in den kälteren Tümpel statt, woher es dann kommt, dass man die Temperatur dieser Quelle nur dicht am Boden über der Mündung messen kann, da über dieser noch eine Säule kälteren Wassers steht, welche durch den Nachfluss das wärmere Wasser zurückhält. Wenig unterhalb der Quellmündung wird man daher beim Eintauchen der Hand in das Wasser deren eine Seite eisig kalt, die andere dagegen glühend heiss empfinden.

Unter solchen Umständen war es nicht möglich, ohne besondere Vorsichtsmaassregeln reines Wasser der *'ain būlus* zur Analyse zu erhalten, wesshalb Abstand davon genommen wurde.

3. *Hammet selīm.*

Die so benannte Therme ist heutzutage diejenige, deren Eigenschaften am meisten von den Badenden geschätzt werden. Als besonders heilkräftig muss sie auch im Alterthum geschätzt worden sein, da über ihr ein grösseres Badehaus errichtet wurde, dessen letzte Reste noch heute den Badenden Unterkunft gewähren.

Hammet selīm liegt 220 Meter von *hammet ed-dscharab*, näher dem Jarmūk zu. Das Wasser sprudelt unter starker Gasentwicklung aus mehreren Oeffnungen im Grunde eines übermannstiefen kreisförmigen Beckens. Von hier aus strömt es in Cascaden, mehrere kleine Wannen erfüllend, dem Abfluss der *hammet er-rīh* zu, mit welchem es sich vereinigt. Herr SCHUMACHER schätzt den Abfluss der Quelle auf $1\frac{3}{4}$ Cubikmeter in der Sekunde. Das Wasser ist ebenfalls prächtig klar, von intensiv blauer Farbe und schmeckt und riecht wie das der *hammet ed-dscharab* intensiv nach Schwefelwasserstoff. Unsere Messungen ergaben bei 27,5 Lufttemperatur eine Temperatur von 48,75° Celsius. Auch diese Quelle setzt jetzt nur noch wenig feste Bestandtheile ab, von gleicher Beschaffenheit wie ich sie von *hammet ed-dscharab* beschrieben habe. Die Analyse lieferte folgendes Resultat; in 1 Liter Wasser sind enthalten:

Magnesiumcarbonat . . .	0,16.
Calciumsulfat	0,25.
Calciumchlorid	0,29.
Chlornatrium	0,44.
Kieselsäure	0,02.
	<hr/>
	1,16.

4. *Hammet er-rīh.*

Die Therme dieses Namens liegt rund 150 Meter östlich von der vorigen, hart am Rande der Tuffebene, kaum mehr als 25 Meter vom Jarmūk entfernt. Wie die vorerwähnten, entspringt sie im Grunde eines Beckens, dessen Sohle mindestens einige Meter über dem Flussniveau liegt. Der Abfluss der Quelle wendet sich, statt auf dem kürzesten Weg in den Jarmūk, auffallender Weise nach Westen; nach etwa 150 Meter langem Laufe, während dessen das Wasser einige grössere und kleinere Becken und Wannen

passirt, nimmt es den Abfluss der *hammet selim* auf. Die nunmehr vereinigten Wasser erfüllen eine Reihe dicht hinter einanderliegender Bassins, wobei die Richtung des Abflusses allmählich nach Norden umschwenkt, um dann nach einem Gesamtlaufe von etwa 500 Meter über dem Westrande der Tuffebene in den Jarmūk zu münden. Das Wasser verhält sich wie das der beiden Thermen unter 1) und 3); jedoch ist, wie mir scheint, die Gasentwicklung eine geringere. Die Temperatur des Wassers betrug 34° C. bei einer Lufttemperatur von 27° C. Die Analyse ergab folgende Zusammensetzung; in 1 Liter Wasser sind enthalten:

Magnesiumcarbonat	0,15.
Calciumcarbonat	0,01.
Calciumsulfat	0,12.
Calciumchlorid	0,35.
Kieselsäure	0,02.
	<hr/>
	0,65.

5. *‘Ain sa‘ad el-fār.*

Diese Quelle liegt beinahe in der Nordostecke der Ebene von el-Hammi, in gerader Richtung etwa 1 km von *hammet ed-dscharab* entfernt. Sie bildet gewissermassen deren östliches Analogon, da sie wie diese nur 50 Meter vom Steilrand der Lavaterrasse entfernt liegt. Die Quelle sprudelt direkt aus dem Tuff heraus und mündet nicht wie die unter 1., 3. und 4. genannten Thermen in einem kreisförmigen Becken. Ihr Ablauf wendet sich im grossen und ganzen in südwestlicher Richtung und durchschneidet nach mehr als 1 Kilometer langem, südwestlich gerichteten Laufe die Ebene in schräger Richtung und mündet schliesslich dicht oberhalb der Quelle *hammet er-rīh* am Südrand der Ebene in den Jarmūk.

Der Abfluss ist stellenweise völlig versumpft und deshalb schwierig zu untersuchen. Sicher ist, dass er in seinem Laufe noch von mehreren Quellen gespeist wird, deren eine etwa 400 Meter westlich von der Hauptquelle entspringt, während die andern mehr südlich liegen.

Das Wasser der *‘ain sa‘ad el-fār* ist völlig klar, farblos, ohne jene tiefblaue Farbe der erst erwähnten Thermen zu besitzen; dabei riecht es weder nach Schwefelwasserstoff noch schmeckt es faulig; die Quantität des Abflusses beträgt nach Herrn SCHU-

MACHER 1,25 Kubikmeter in der Sekunde. Genau ausgeführte Temperaturmessungen ergaben $28,7^{\circ}$ Celsius bei einer Lufttemperatur von 27° Celsius.

Die Analyse des Wassers lieferte die folgenden Resultate; in einem Liter Wasser sind enthalten:

Magnesiumcarbonat . . .	0,12.
Calciumcarbonat	0,10.
Calciumsulfat	0,05.
Calciumchlorid	0,15.
Kieselsäure	0,02.
	<hr/>
	0,44.

Die Quelle hinterlässt keinerlei mineralische Absätze, oder dieselben sind wenigstens so unbedeutend, dass sie kaum in Betracht kommen.

Jedenfalls ermöglicht die relativ niedrige Temperatur der Quelle die Entfaltung eines so üppigen Pflanzenwuchses in ihrer Umgebung, dass ein Durchdringen dieses Dickichtes stellenweise zur Unmöglichkeit wird. Bemerkenswerth erscheint es mir, dass während in den vorhergenannten Quellen kein thierischer Organismus zu gedeihen vermochte, in der *'ain sa'ad el-far* zahllose Individuen der *Melanopsis sancta* LETOURNEUX leben, welche die im Wasser liegenden Steine wie mit einem Teppich überziehen. Auch die im Jarmük häufige *Thelphusa fluviatilis* findet hier ein gedeihliches Fortkommen.

b) Thermen auf der linken Flussseite.

Auf der linken Flussseite befindet sich nur eine einzige unbedeutende Therme bei den Hütten der *'arab el-mucharibi*, etwa 300 Meter vom östlichen Flussknie abwärts gelegen. Zur Zeit meiner Anwesenheit daselbst badeten gerade Beduinenweiber in derselben, wesshalb mir der Zutritt verwehrt war; daher konnte weder die Temperatur gemessen noch eine Probe zur Analyse genommen werden. Soviel ich aber gesehen habe, zeigte das Wasser eine blaue Farbe und entsprang in einem kleinen Tuffbecken, um sich nach kurzem Laufe in den Jarmük zu ergiessen. Nach beiden ersteren Merkmalen zu schliessen, dürfte die Temperatur dieser Quelle nicht viel unter 34° Celsius betragen.

Wenden wir uns nach dieser speciellen Charakteristik der Thermen von *el-hammi* einer vergleichenden Betrachtung der-

selben zu. Die nachfolgende Tabelle, welche die Quellen nach ihrer Temperatur und der Menge ihrer mineralischen Bestandtheile geordnet enthält, wird diese Betrachtung erleichtern.

	Ḥammet Selīm	Ḥammet ed- dscharab	Ḥammet er-rīḥ.	‘Ain sa‘ad el-fār	‘Ain būlus.
Temperatur in °Celsius.	48,75	40,6	34	28,7	25
Magnesiumcarbonat	0,16	0,14	0,15	0,12	keine Analyse.
Calciumcarbonat	—	0,09	0,01	0,10	
Calciumsulfat	0,25	0,17	0,12	0,05	
Calciumchlorid	0,29	0,15	0,35	0,15	
Chlornatrium	0,44	0,29	—	—	
Kieselsäure	0,02	0,03	0,02	0,02	
	1,16	0,87	0,65	0,44	>0,44

Aus dieser Tabelle geht nun ohne weiteres hervor, welche bedeutende Temperaturunterschiede die einzelnen Quellen aufweisen, da die gemessenen Temperaturen zwischen 25° C. und 48,75° C. liegen, was mithin eine Differenz von 23,75° C. bedeutet. Und auffallend genug constatiren wir diese Maximaldifferenz zwischen zwei Quellen ‘ain būlus und ḥammet selīm, die kaum 200 Meter von einander entfernt liegen; aber in noch viel höherem Grade bemerkenswerth ist eine Temperaturdifferenz von 15,6° C. zwischen zwei Quellen, ḥammet ed-dscharab und ‘ain būlus, die gerade zwei Meter aus einander liegen. Eine ausreichende Erklärung dieser Erscheinung zu geben, ist mir zur Zeit unmöglich.

Dagegen scheint es mir festzustehen, dass die beiden letzten kälteren Quellen nicht immer diese niedrige Temperatur besessen haben, sondern sich im Laufe der Zeiten abkühlten und wahrscheinlich noch mehr abkühlen werden.

Dafür habe ich folgende Beweise. Feste Bestandtheile werden nur von heißen Quellen abgelagert, in unserem Falle nur von solchen mit einer Temperatur von mindestens 34° C. ‘Ain sa‘ad el-fār kann jetzt nicht mehr als Quelltuffproducent angesehen werden, sie muss es aber in früheren Zeiten gewesen sein, da sonst nicht gut zu erklären ist, welche Quellen die Tuffmassen im östlichen Theil der Ebene abgesetzt haben, es sei denn, dass

man annähme, dass in früheren Zeiten die Abwasser der westlichen Quellen in entgegengesetzter Richtung, also thalaufwärts, geflossen seien, was mir jedoch sehr unwahrscheinlich dünkt.

Es mag dieser Beweis noch nicht für ganz genügend erachtet werden, allein ich kann ihn durch anderweitige Beobachtungen verstärken.

Der untere Wadi 'Arab, der Wadi Zahar, ferner die Umgebung der *birket el-'arā'is*, einige Kilometer thalaufwärts von *el-hammi*, zeigen ganz gewaltige Ablagerungen von Quelltuffen, und doch treten an den genannten drei Lokalitäten nirgends Thermen zur Oberfläche, sondern ausschliesslich kalte Quellen.

Letztere können den Quelltuff nicht abgesetzt haben, das steht fest, sondern dies kann nur durch heisse Quellen geschehen sein. Was liegt denn aber näher, als die Annahme, dass die heutigen Quellen ehemals eine höhere Temperatur zeigten, die sich im Laufe der Zeiten bis zu ihrem heutigen Grade erniedrigt hat und dass diese ehemaligen heissen Quellen den Tuff absetzten, was die heutigen kälteren nicht mehr zu thun vermögen.

Ich kann eine andere, ungezwungenere Erklärung dieses Problems nicht finden. Acceptirt man aber dieselbe, so lassen sich höchst interessante Schlussfolgerungen daran knüpfen, die ich hier nur streifen möchte.

Zunächst scheint mir durch diese Beobachtung eine gewisse Vorsicht in der Identificirung biblischer Orte geboten zu sein, an welchen sich heisse Quellen befunden haben. Wir kennen allerdings nicht die Grösse der Temperaturabnahme innerhalb eines bestimmten Zeitraumes; wir wissen auch nicht, ob sie stetig oder sprungweise erfolgte; ebenso wenig wissen wir, ob für alle Orte ein gleiches Gesetz gültig war. Man wird aber unter der Voraussetzung der Richtigkeit meiner Annahme die Möglichkeit nicht bestreiten können, dass eine Quelle, die in biblischer Zeit noch heisses Wasser lieferte, heutzutage soweit abgekühlt ist, dass sie ein kälteres Wasser giebt. Allerdings wird die Temperaturabnahme, wenn sie stetig erfolgt, innerhalb eines bestimmten Zeitraumes nur eine ausserordentlich geringe gewesen sein. Nehmen wir einmal ganz willkürlich an, — ich verahre mich jedoch ausdrücklich dagegen, dass es eine positive Behauptung sei — die *'ain sa'ad el-fār* habe zu Christi Ge-

burt noch die Temperatur gezeigt, welche heute *hammet er-rîh* besitzt, die Temperatur habe sich im Laufe von 19 Jahrhunderten mithin um $5,3^{\circ}$ C. erniedrigt. Das würde also im Jahrhundert eine Abnahme von $0,27^{\circ}$ C. bedeuten, die sich mit unseren heutigen Instrumenten bei der Berücksichtigung der möglichen Fehlerquellen direkt würde kaum nachweisen lassen. Wir werden aber kaum fehl gehen, wenn wir annehmen, dass die Temperaturabnahme noch langsamer erfolgte.

Es sind nun allerdings kaum messbare Grössen, mit denen in dieser Weise operirt werden muss, aber wir werden sehen, wie selbst eine so geringe Differenz von $5,3^{\circ}$ C. wie zwischen *hammet er-rîh* und *'ain sa'ad el-fâr* genügt, um grosse physikalische und chemische Verschiedenheiten zu Stande zu bringen.

Weitere bemerkenswerthe physikalische Unterschiede zeigt das Wasser der drei ersten Quellen gegenüber dem der beiden letzteren. Jene besitzen ein klares, aber intensiv blaues, diese ein ebenfalls klares, aber farbloses Wasser.

Die drei erstgenannten münden in kreisförmigen, scharf abgegrenzten tiefen Becken, die letzteren treten in flachen Einsenkungen, deren Ränder unregelmässig gestaltet sind, zu Tage.

Von den chemischen Differenzen wäre als die für Geruchs- und Geschmacksorgane zunächst bemerkbare Differenz hervorzuheben, dass die drei erstgenannten einen schwefelwasserstoffähnlichen Geruch entwickeln und einen fauligen Geschmack besitzen, während die letzteren ein angenehmes Trinkwasser liefern.

Die kritische Temperatur scheint zwischen 34° und $28,7^{\circ}$ C. zu liegen, denn die Quellen über der ersteren Temperatur zeigen alle die Eigenschaften, blaues, fauligriechendes und schmeckendes Wasser, die denen von $28,7^{\circ}$ abwärts fehlen.

Eine andere höchst bemerkenswerthe Erscheinung geht ferner ohne weiteres aus der Tabelle hervor, nämlich dass die Summe der gelösten mineralischen Bestandtheile direkt proportional der Temperatur ist und in dem Grade, als die letztere sich erniedrigt, auch die erstere abnimmt.

Hammet selim, mit dem höchsten Temperaturgrade von $48,75^{\circ}$ C., besitzt auch die grösste Menge gelöster mineralischer Bestandtheile, nämlich 1,16 gr. auf 1 Liter.

‘*Ain sa‘ad el-fār*, deren Temperatur nur 28,7° beträgt, also um 20° niedriger ist, besitzt nur 0,44 gr. feste Bestandtheile auf 1 Liter Wasser, während die beiden anderen Quellen mit ihrer zwischen beiden Extremen liegenden Temperatur eine Summe fester Bestandtheile enthalten, die zwischen derjenigen der beiden ersten Quellen liegt, und zwar die Quelle mit niedrigerer Temperatur, *ḥammet er-rīḥ*, wiederum weniger, als die mit höherer Temperatur.

Aus dieser Beobachtung können wir auch schliessen, dass die Summe der gelösten Bestandtheile der ‘*ain būlus* noch weniger als 0,44 gr. auf 1 Liter Wasser betragen wird, während diejenige der Quelle auf der linken Thalseite etwa zwischen 0,65 und 0,44 gr. pro Liter liegen mag.

Wenn wir nun die gelösten Mineralien, welche die einzelnen Quellen enthalten, der Reihe nach durchgehen, so ergibt sich zunächst, dass die vier untersuchten Quellen eine vollständig gleichartige Zusammensetzung zeigen. Nur die Menge der gelösten Stoffe ist verschieden, nicht aber enthält eine Quelle Stoffe gelöst, die wesentlich verschieden sind von denjenigen der andern. Daraus dürfen wir wohl schliessen, dass das Ursprungsgebiet aller Quellen, die Quellschicht, eine gleiche sein wird.

Auffallend sind die Schwankungen in der Menge des gelösten kohlen-sauren Kalkes. Während die heisseste Quelle, *ḥammet selīm*, gar keinen enthält, zeigt die kälteste Quelle ‘*ain sa‘ad el-fār*, die grösste Menge, nämlich 0,10 gr.; von den beiden anderen Quellen hat die kältere, *ḥammet er-rīḥ*, wieder erheblich weniger gelöst, als die wärmere *ḥammet ed-dscharab*. Der Gehalt an Gyp s nimmt dagegen ganz stetig mit der Temperatur ab.

Noch auffallendere Schwankungen zeigt die Menge des gelösten Chlorcalciums, die bei der *ḥammet er-rīḥ* am höchsten ist, — 0,35 gr. — während sie bei der wärmeren *ḥammet selīm* nur 0,29 gr. beträgt, die beiden andern aber die gleiche Quantität 0,15 gr. gelöst haben.

Eine bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit giebt sich in der Menge des gelösten Kochsalzes kund. Die beiden wärmsten Quellen enthalten von demselben eine ganz erhebliche Menge, die aber rapide mit der Temperatur abnimmt; denn *ḥammet er-rīḥ*, die durch ihre physikalischen Eigenschaften den beiden

ersteren sehr nahe steht, enthält bereits keine Spur mehr davon. Daher leuchtet es auch ohne weiteres ein, warum *'ain sa'ad el-fār* trotz der verhältnissmässig hohen Temperatur ein gutes Trinkwasser liefert.

Der Gehalt an gelöster Kieselsäure scheint kaum von der Temperatur abhängig zu sein, da er bei allen Quellen der gleiche ist.

Herr Dr. BÄRWALD führte noch an, dass der hohe Chlorgehalt der Quellen sehr bemerkenswerth sei. Derselbe ist so stark, dass das Wasser im Laufe der Zeit die Pfropfen, mit welchen die Flaschen zugekorkt waren, angegriffen hatte, so dass sich im Wasser ein fleckiger Bodensatz bildete, der anfänglich für den Niederschlag eines Eisensalzes gehalten wurde, sich jedoch bei näherer Untersuchung als organische Substanz erwies.¹⁾

Diese Beobachtung wird ein Wink für zukünftige Fälle sein, die Flaschen, in welchen Thermalwasserproben zu Analysen aufbewahrt werden, mit einem Glasstöpsel zu verschliessen.

Herr Dr. BÄRWALD betonte ferner, dass es nicht möglich gewesen sei, in einer der Wasserproben auch nur eine Spur von Schwefelwasserstoff nachzuweisen. Dies scheint mir beachtenswerth, aber ich bin nicht geneigt, an die Möglichkeit einer Täuschung meinerseits zu glauben, wenn ich oben bei der Beschreibung der Quellen sagte, das Wasser „riecht und schmeckt nach Schwefelwasserstoff.“

Mit dieser Angabe harmonirt die Beobachtung von FREI²⁾ vortrefflich, der ebenfalls die Abwesenheit, sei es von freiem, sei es von gebundenem Schwefelwasserstoff, in den Quellen bei Tiberias konstatirt.

Wenn wir nun die mineralische Zusammensetzung der Quel-

1) Bei dieser Gelegenheit möchte ich noch eine andere Beobachtung erwähnen. Ich habe mir zu andern Zwecken mehrere Flaschen Jordanwasser, das ich oberhalb der Einmündung des Jordans in den Tiberiassee geschöpft habe, mitgebracht. In diesen Flaschen, die in gleicher Weise zugepfropft waren, wie diejenigen mit den Thermalwasserproben, hat sich ebenfalls ein Niederschlag gebildet, der genau mit dem oben angeführten übereinstimmt. Daraus würde dann wohl folgen, dass das Jordanwasser bereits vor seiner Mündung in den Tiberiassee ebenfalls einen erheblichen Prozentsatz an Chlor aufweist.

1) S. diese Zeitschrift Bd. IX, 94.

len von el-Hammi mit derjenigen des von ihnen zweifellos abgesetzten Quelltuffes vergleichen, so ist ein Moment bemerkenswerth: der Quelltuff besteht aus fast reinem kohlen-sauren Kalk mit Beimengungen von Gyps, kohlensaurer Magnesia und Kieselsäure; die Quellen haben somit nur die schwer löslichen Erden abgesetzt, während die leicht löslichen Chloride mit dem abfließenden Wasser weggeführt wurden.

Wie vermögen wir uns nun diesen bedeutenden Absatz eines fast reinen kohlen-sauren Kalkes bei der geringen Menge, welche die Quellen davon gelöst enthalten, zu erklären? Es sind zwei Annahmen möglich, entweder, dass die Quellen in früherer Zeit bedeutend mehr kohlen-sauren Kalk gelöst enthielten, der zur Bildung des Quelltuffes verwendet werden konnte, oder aber, dass bei stets gleichbleibendem Gehalt an kohlen-saurem Kalke der Absatz desselben ganz langsam im Laufe langer Zeiträume erfolgte.

Diese Frage wird sich so leicht wohl nicht lösen lassen, da sich Gründe für oder gegen die eine oder andere Annahme anführen lassen.

Für die erstere Annahme lässt sich die Analyse FREI's verwerthen. FREI giebt an, dass das Wasser der Quelle von Tiberias in einem Liter 5,97 gr. kohlen-sauren Kalk gelöst enthält. Die Temperatur des Wassers betrug im Maximum 63° C. Man könnte also annehmen, dass im Laufe der Zeit, während welcher die Thermen von *el-hammi* sich abkühlten, auch der hohe Gehalt an gelöstem kohlen-saurem Kalk rapide abnahm. Hiergegen scheint allerdings das Ergebniss der Analyse zu sprechen, wonach die kälteste Quelle gerade am meisten kohlen-sauren Kalk gelöst enthält.

Sicher ist so viel, dass heutzutage nur noch ein minimaler Absatz von Quelltuff stattfindet. Allein diese Beobachtung lässt sich nach der einen wie der anderen Richtung hin verwerthen. Man kann sagen, der Absatz des Quelltuffes hat stets in so langsamer Weise stattgefunden, oder aber der Gehalt an kohlen-saurem Kalk hat abgenommen. Ganz befriedigend wird sich diese Frage zunächst nicht lösen lassen, ich möchte mich aber dahin entscheiden, dass eine Abnahme des Gehaltes an kohlen-saurem Kalk sehr wahrscheinlich ist, trotz der scheinbar

widersprechenden Ergebnisse der Analysen, und zwar aus folgenden Gründen. Wir haben oben gesehen, dass die Menge der gelösten Substanz proportional der Höhe der Quelltemperatur ist. Wir müssen daher annehmen, dass bei einer ehemals höheren Temperatur, sei es der Quellen im ganzen oder einzelner, diese auch eine grössere Menge fester Substanz gelöst enthielten. Da nun zur Bildung des Quelltuffes ausschliesslich die Carbonate, Sulfate nebst Kieselsäure verwendet wurden, so dürfen wir vielleicht annehmen, dass die grössere Menge gelöster Mineralsubstanz bei höherer Temperatur hauptsächlich aus kohlensaurem Kalk, Gyps und Chloriden bestand, da die Menge der gelösten Kieselsäure nicht von der Temperatur abhängig zu sein scheint. Die Chloride wurden weggeführt, erstere dagegen abgesetzt. Mit abnehmender Temperatur sank auch der Gehalt an jenen und die Produktion des Quelltuffes wurde eine weniger lebhaftere.

Wenn wir nun noch einen Vergleich der Thermen von *el-hammi* mit den Thermen von Tiberias durchführen, so wird sich Manches ergeben, das zur Stütze des hier vorgetragenen dienen wird. Ich verwerthe zu dieser Betrachtung ausschliesslich die Beobachtungen des Herrn FREI¹⁾. Aus diesen geht hervor, dass das Wasser der Quellen von Tiberias bedeutend heisser ist, als das der Quellen von *el-hammi*, da seine Temperatur zwischen 59,5° C. und 63° C. liegt. Die Analyse beweist ferner, dass die Art der gelösten Substanzen fast genau dieselbe ist, wie bei den Thermen von *el-hammi*, dass jedoch die Quantität eine bedeutend grössere ist, als bei jenen, da sie nach FREI 33,761 gr. in einem Liter Wasser beträgt. Der grösste Theil davon entfällt auf Kalk und Chloride, was ganz unseren obigen Voraussetzungen entspricht. Auffallend ist bei diesem hohen Gehalt fester Bestandtheile nur eine wenig energische Neigung zur Bildung von Quelltuff.

In welchem Maasse die Produktion des Quelltuffes von *el-hammi* erfolgte, können wir uns leicht durch eine kleine Rechnung vergegenwärtigen, wenn wir die Quantität der von den Thermen innerhalb 24 Stunden in gelöstem Zustande an die Oberfläche geschafften festen Bestandtheile berechnen. Aus den Analysen wissen wir, wie viel von jenen in einem Liter Wasser

1) S. diese Zeitschrift Bd. IX, 93 u. 94.

enthalten ist; die Quantität des Abflusses pro Sekunde der drei Hauptthermen, *ḥammet selīm*, *ḥammet ed-dscharab*, und *ʿain saʿad el-fār*, kennen wir auf Grund der Messungen des Herrn SCHUMACHER genau. Die Rechnung ist also sehr einfach: es bedeute x die in einem Liter enthaltene Menge einer beliebigen Substanz s in Grammen, y die pro Sekunde abfließende Wassermenge in Litern, so beträgt die Gesamtmenge S innerhalb 24 Stunden

$$S = x \cdot y \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \text{ Gramm.}$$

Mit Hilfe dieser Formel sind die in nachstehender Tabelle zusammengestellten Zahlen ausgerechnet, welche also die Quantität der einzelnen Substanzen in Kilogrammen pro 24 Stunden angeben.

	Ḥammet selīm.	Ḥammet ed-dscharab	ʿAin saʿad el-fār.
Magnesiumcarbonat	24192	12096	12096
Calciumcarbonat	—	7776	10800
Calciumsulfat	37800	14688	5400
Calciumchlorid	43848	12960	16200
Chlornatrium	66528	25056	—
Kieselsäure	3024	2592	2160
	175392	75168	47520

Aus dieser Tabelle ist nun leicht ersichtlich, welche enorme Quantitäten fester Bestandtheile durch die Thermen an die Oberfläche befördert werden, da die Gesamtmenge 298 080 Kilogramm, also beinahe 300.000 Kilogramm innerhalb vierundzwanzig Stunden beträgt.

Von dieser Quantität wird die Gesamtmenge oder wenigstens der grösste Theil der Carbonate, Sulfate und die Kieselsäure an Ort und Stelle abgelagert und zur Bildung des Quelltuffes verwendet, während die Chloride, also eine Quantität von 164592 Kilogramm, mit dem abfließenden Wasser weggeführt werden.

Wohin aber werden sie geführt? Nirgend anders, als in letzter Linie in das todte Meer; denn die Abwasser der Thermen münden in den Jarmūk, dieser in den Jordan und dieser wieder

in das abflusslose todte Meer. Die obengenannte, enorme Quantität an Kochsalz und Chlorcalcium schaffen also allein die drei Thermen von *el-hammi* dahin; ausser diesen aber bringen die Abwasser der noch viel kochsalzreicheren Quellen von Tiberias, so wie die Thermen in der näheren Umgebung des todten Meeres täglich Quantitäten herbei, deren Grösse sich vorläufig unseren Berechnungen entzieht, die aber keinesfalls eine geringe ist. Kann es unter solchen Umständen Wunder nehmen, wenn bei einer permanent so bedeutenden Zufuhr von Salzen das todte Meer sich im Laufe der Jahrtausende in eine Salzlake umgewandelt hat, deren Sättigungsgrad den aller andern abflusslosen Becken bei weitem übersteigt? Es ist mir wohl bekannt, dass ich mit dem, was ich soeben vorgebracht habe, nichts Neues sage. Denn LARTET¹⁾, HITCHCOCK und Andere haben bereits ähnliche Gedanken geäußert, aber ich habe hier einen ziffermässigen Nachweis erbracht, welche enorme Quantitäten an Chloriden die drei Thermen von *el-hammi* allein im Stande sind zu liefern²⁾.

Wir könnten die oben gewonnenen Zahlen noch weiter verwerthen, etwa zur Berechnung der Zeitdauer, in welcher der die Ebene *el-hammi* bildende Quelltuff abgesetzt wurde, allein ich muss gestehen, dass das Endresultat mit so zahlreichen Fehlern behaftet wäre, dass es kaum Anspruch auf wissenschaftlichen Werth erheben könnte. Wir müssten bei der Berechnung die falsche Praemisse zu Grunde legen, dass die Menge der im Thermalwasser gelösten, festen Bestandtheile zu allen Zeiten die gleiche war, wie sie heute ist. Da dies, wie ich oben ausgeführt habe, keinesfalls zutreffend ist, so würde das Resultat in Jahren ausgedrückt ein viel zu grosses werden. Anderer-

1) Exploration géolog. de la mer morte 295 ff.

2) Hoffentlich werde ich in späterer Zeit Gelegenheit haben, noch ähnliche Daten beibringen zu können, wenn mir erst die erforderlichen Messungen vorliegen. Herr SCHUMACHER, der öfters Gelegenheit hat, Tiberias zu besuchen, wird auf meine Anregung genaue Messungen des Wasserquantums der Quellen von Tiberias, sowie möglichst genaue Messungen der Geschwindigkeit des Jordans an seinem Abflusse aus dem Tiberiassee vornehmen. Mit Hülfe der Analyse werden wir uns dann leicht eine Idee von der Quantität gelöster Mineralsubstanzen machen können, welche die Quellen in den Tiberiassee hinein und der Jordan aus diesem heraus in's todte Meer befördert.

seits wird es auch sehr schwer halten auf Grund der mir bekannten Beobachtungen, das nur annähernd genaue Gesamtvolumen des abgesetzten Quelltuffes zu ermitteln, da Anhaltspunkte über die Mächtigkeit desselben im Innern der Ebene völlig fehlen. Würden wir bei dieser Berechnung die Quantität des abgelagerten Quelltuffes aus Grundfläche, Mächtigkeit und spezifischem Gewicht bestimmen, so würden wir jedenfalls ein zu grosses Resultat erhalten; denn ich glaube es als feststehend annehmen zu dürfen, dass in der Ebene *el-ḥammi* noch ein Kreidekern steckt, mantelförmig verhüllt von dem überlagernden Quelltuffe. Diese zu grosse Quantität der abgelagerten und die zu kleine Quantität der innerhalb eines bestimmten Zeitraumes gelieferten festen Stoffe der Berechnung zu Grunde gelegt, würde ein Resultat ergeben, das der Wirklichkeit nicht sehr nahe käme, sondern jedenfalls viel zu hoch wäre. Wenn man also die Berechnung doch ausführen will, so wird man eine Ziffer erhalten, die man sicher als höchste Maximalziffer wird ansehen können. Vor der durch eine solche bezeichneten Zeit hat keinesfalls der Absatz des Quelltuffes begonnen, oder mit andern Worten, vor dieser Zeit werden die Thermen von *el-ḥammi* noch nicht zur Tagesoberfläche getreten sein.

IV. Tektonik der Umgebung von el-Ḥammi.

Wer aus dem engen Defilé des Jarmūkthales in die Ebene von el-Ḥammi heraustritt und im Süden das Gehänge staffelförmig emporsteigen sieht, während die anderen Seiten steile, schroff abfallende Wände bilden, der wird die Ueberzeugung gewinnen, dass dieser Thalkessel nicht allein der erodirenden Thätigkeit des Wassers sein Dasein verdankt, sondern in erster Linie durch bedeutende, allerdings nur auf ein verhältnissmässig kleines Gebiet beschränkte Dislokationen der ringsum anstehenden Gebirgsglieder entstanden ist.

Wenn wir uns ein Querprofil am westlichen Ende der Ebene *el-ḥammi* in der Richtung A B gelegt denken, so bietet dies uns das allerdings etwas schematisirte Bild des Profils A B der Tafel I. Das nördliche Gehänge des Thalkessels wird durch die obersenenen Kalke des *dschebel 'ajūn* gebildet, die unter einem Winkel von etwa 30—35° gegen NW. einschliessen und SW.-

NO.-Richtung, also ziemlich parallel dem längeren, südlichen Flussschenkel streichen. Hierauf folgt in etwa 35 Meter Höhe über der Ebene von *el-hammi* die charakteristische Terrasse des Ruḳḳādlavastromes¹⁾. Man sieht klar und deutlich, wenn man die Grenze der Lava gegen die Kreide nach Osten hin verfolgt, wie diese sich innig dem vor ihrer Eruption vorhandenen Relief des Thalgehänges angeschmiegt hat, indem sie allen Ein- und Ausbuchtungen desselben folgt. Die westliche Grenze der Lava wird durch eine senkrecht abstürzende unersteigbare Wand gebildet, welche, wie wir auf der Karte sehen, fast genau parallel dem südlichen Flussschenkel läuft und hierdurch natürlich eine wechselnde Breite der Lavaterrasse bedingt.

Die Unterkante der Lavaterrasse liegt ungefähr 10 Meter über dem Niveau der Quelltuffebene, ganz genau in derselben Höhe wie die Spitze des etwas südlicher gelegenen Kreidehügels. Leider aber sind die Schichten, welche zwischen der Unterkante des Lavastromes und dem Quelltuff liegen, durch die Schutthalde, welche sie überdeckt, völlig unsichtbar. Es dürfte aber nicht der geringste Zweifel darüber obwalten, dass es ebenfalls obersebene Kreideschichten sind, wie sie oberhalb der Lavaterrasse am Gehänge anstehen.

Stellenweise, allerdings selten genug und nicht gerade in unserem Profil A B, sondern etwas weiter westlich desselben, lässt sich beobachten, dass die Lava nicht direkt der Kreide auflagert, sondern über eine Geröllschicht hinweg geflossen ist, die dem obersebenen Kreidekalk auflagert.

Aus gleich zu besprechenden Gründen ist es nicht nothwendig, dass diese Geröllschicht allenthalben unter dem Lavastrom anstehen muss, und so fehlt sie denn auch im Profile A B ganz entschieden, und die Lava bedeckt direkt die Kreide.

In vollkommen horizontaler Schichtung legt sich nun an die, unter dem Basaltschutt supponirten Kreideschichten der Absatz der Thermen an, leider ist aber auch diese Grenze durch den fortwährend nachrollenden Schutt verdeckt.

Mitten aus dem Quelltuff ragt ein beinahe rechteckig ge-

1) Selbstverständlich sind der grösseren Deutlichkeit halber die Höhen bedeutend übertrieben, während die horizontalen Entfernungen im Maassstabe der Karte gehalten sind.

formter Kreidefelsen empor, dessen Wände allseitig steil gegen die Tuffebene abfallen, dessen Schichtung jedoch gleichsinnig mit derjenigen des nördlichen Thalgehänges gerichtet ist. Der Gipfel des Hügels ragt etwa 10 Meter, vielleicht auch etwas mehr, über die Tuffebene heraus, er trifft aber, wie bereits erwähnt, haarscharf mit der Unterkante der Lavaterrasse zusammen.

Der Quelltuff erstreckt sich in südlicher Richtung bis zum Jarmūk hin, gegen welchen er durchweg in steiler Wand abbricht. Dann folgt im Niveau des Baches Geröll, das sich am jenseitigen Ufer den obersenen Kreideschichten anlagert. Die Kreideschichten des Südgehänges sind in gleicher Richtung wie diejenigen des Nordgehänges geneigt, so dass man also, wenn man nach Mkēs hinaufgeht, sich stets auf der Schichtfläche befindet, während man, am *dschebel 'ajūn* hinaufkletternd, sich senkrecht gegen die Schichtenköpfe bewegt. Es scheint jedoch, dass je höher man am Gehänge von Mkēs hinaufkommt, der Einfallswinkel der Schichten der einzelnen Stufen geringer wird, bis schliesslich die söhliche Lagerung des Tafellandes eingetreten ist.

Das Profil im östlichen Theil des Thalkessels ist ein etwas abweichend gestaltetes, wie C D der Tafel I zeigt. Die Nordseite zeigt keine Differenz vom Profil A B; hat man aber die Quelltuffebene erreicht, so bewegt man sich auf derselben fort bis zum jenseitigen Thalgehänge, ohne dass der Zusammenhang der Tuffschichten durch aufragende Kreidepartien gestört wird.

Der Tuff bricht wiederum in steiler Wand gegen den Jarmūk hin ab, der leider gerade auf der Grenze zwischen Quelltuff und Kreide hin fliesst, so dass sein rechtes Ufer durch die steile Tuffwand, sein linkes durch meist ebenso steile Kreidewände gebildet wird. Auf dem Südgehänge steht noch in analoger Weise wie im Norden ein einzelner Fetzen des Ruḳḳādlavastromes an, hinter welchem die senonen Kreidekalke auftauchen. Ein Längsprofil ist auch ohne nähere Detaillirung an der Hand der Karte leicht verständlich; es zeigt uns, dass an dem östlichen und westlichen Flussschenkel Kreideschichten verschiedenen Alters anstehen; an ersterem die untersenen bituminösen Fischschiefer, an letzterem die obersenen feuersteinführenden Kreide-

kalke, während zwischen beiden die Tuffebene liegt, aus welcher Fragmente des Obersenon auftauchen.

Diese kurze Betrachtung zeigt uns sofort, dass der Thalkessel von *el-ḥammi* in erster Linie dem Zusammentreffen zweier Sprungsysteme seine Entstehung verdankt.

Das eine Spaltensystem läuft parallel dem Absturz des *dschebel 'ajūn* in nahezu ost-westlicher Richtung, während das andere, in einem Winkel von etwa 70° gegen dieses gerichtet, parallel dem östlichen Flussschenkel von NNW. und SSO. läuft. Zwischen beiden Sprungsystemen sind die einzelnen Schollen zur Tiefe gebrochen, durch deren unregelmässig erfolgtes Absinken der Thalkessel von *el-ḥammi* in weiterem Sinne erzeugt wurde.

Dieser Einbruch fand in einem bereits vorgebildeten Thallaufe statt, in welchem höchstwahrscheinlich zuvor ein Lavastrom, die *Ez-zeijätīnlava*, herabgeflossen war. Ob die Eruption der *Ez-zeijätīnlava* vor oder nach der Bildung des Thalkessels stattgefunden hat, vermag ich nicht mit Sicherheit zu entscheiden, da hierzu meine Beobachtungen nicht ausreichend sind. Es will mir aber doch scheinen, als ob die Eruption der Lava vor der Bildung des Kessels stattfand, denn ich habe am Südgehänge nirgends Reste der *Ruḳḳād-lava* gefunden. Sie können allerdings auch durch Erosion fortgeführt sein — das will ich gern zugeben, hierüber müssen spätere Untersuchungen noch Klarheit bringen; denn der kleine Rest *Ez-zeijätīnlava* in der SW.-Ecke unsres Gebietes ist nicht geeignet, zur Lösung dieser Frage beizutragen.

Der Thalkessel mag späterhin durch die Erosion des alten *Jarmūḳ* in seinen Schärfen etwas gemildert worden sein. Allein er war in seinen Details bereits ausmodellirt, bevor die *Ruḳḳād-lava* das Thal herabströmte, und bevor heisse Quellen in dieser Gegend emporsprudelten. Hierfür haben wir folgende Beweise: Aus der Karte und dem Profil CD geht hervor, dass der Lavafetzen am linken *Jarmūḳ*ufer nur ein durch nachträgliche Ereignisse vom nördlich gelegenen Theil des *Ruḳḳād-lavastromes* isolirtes Stück ist. Wir müssen also annehmen, dass die *Ruḳḳād-lava*, aus dem oberen engen *Jarmūḳ*thal hervorquellend, in das Becken von *el-ḥammi* eintrat und sich in demselben ausbreitend und stellenweise [die Geröllablagerungen des alten *Jarmūḳ* überfluthend, dasselbe vom Gehänge des *dschebel 'ajūn* bis zu den Gehängen

des Tafellandes von Mkēs bis auf eine Höhe von mindestens 50 Meter über der heutigen Flusssohle erfüllte. Allerdings lag die ehemalige Thalsohle zwischen 15 und 20 Metern über der heutigen; denn wir haben oben gesehen, dass die Unterkante des Lavastromes, welche mit der damaligen Thalsohle identisch ist, in etwa dieser Höhe über dem heutigen Bachniveau liegt. Die Eruptionszeit der Rukḳād-lava habe ich in einer andern Abhandlung¹⁾ sehr genau festlegen können: sie muss frühestens im späten Alt-Alluvium, wenn nicht gar in prähistorischen Zeiten erfolgt sein.

Allein die nimmer ermüdende erosive Thätigkeit des Wassers zerstörte allmählich die Gesteinsmassen, welche den Thalkessel von *el-ḥammi* ausfüllten. Selbstverständlich wurden in dem Maasse, als die Erosion die Unterkante des Lavastromes erreichte, auch die unterlagernden Geröllschichten des alten Jarmūk weggeführt. Da diese natürlich im Thaltiefsten abgelagert waren, während die Lava an den Gehängen in die Höhe reichte, so ist es nicht nöthig, dass die Lava allerwärts von denselben unterlagert wird. Es ist daher einem glücklichen Zufall zu danken, wenn die Erosion so gewirkt hat, dass noch alt-alluviales Geröll unter dem Lavastrom erhalten blieb, in weitaus überwiegenden Fällen wird man dies weggewaschen und die Lava der Kreide auflagernd finden. Sehr wahrscheinlich dünkt es mir, dass die erosive Thätigkeit zuerst im Norden etwa zwischen der Ebene *es-sateh* und dem grösseren Kreidehügel begann, da das Wasser wohl schwerlich freiwillig den Haken nach Süden geschlagen hat, sondern sich auf dem kürzesten Wege thalabwärts bewegt hat. Bei allmählich tiefer eingreifender Erosion, die indess beinahe bis zu dem heutigen Niveau vorgedrungen sein muss, wurde eine Spalte angeschnitten, auf welcher wohl wahrscheinlich zuerst die Quelle *'ain sa'ad el-fār*, vielleicht auch *'ain būlus* und *ḥammet ed-dscharab* emporsprudelten. Die ganz bedeutende chemische Energie dieser bei ihrem ersten Empordringen viel heisseren Quellen beschleunigte die Zerstörung der ringsanstehenden Gesteinsmassen, aber successive mit deren Wegschaffen lagerten die heissen Quellen neues Material in Gestalt von Quelltuffen ab und zwangen den Jarmūk, immer wieder seinen Weg zu ver-

1) Zeitschrift d. deutsch. geolog. Gesellschaft, Jahrg. 1886, pag. 653 ff.

legen. Statt seinen einmal eingeschlagenen Lauf beizubehalten, musste der Fluss permanent nach Süden ausweichen und so allmählich wieder die ganze Sohle des Thalkessels von den erfüllenden Lavamassen befreien. Erst in jüngster Zeit, nachdem die Ablagerung von Quelltuffen eine weniger energische geworden ist, hat der Jarmuk auch an diesen zu waschen begonnen, wofür die Steilwand der Ebene gegen den Fluss hin Zeugniß giebt.

Es ist allerdings ein etwas complicirter Weg, den ich zur Erklärung der zwischen zwei Lavawänden in einem tieferen Niveau gelegenen Tuffebene *el-ḥammi* eingeschlagen habe. Es wäre einfacher, wiederum mit einem Einsturz eines Theiles der Lavamassen zu operiren, durch welchen Raum für die Ablagerung der Quelltuffe geschaffen würde. Ich kann mir aber nicht denken, wie bei diesem Ereigniss, von dem selbstverständlich auch die unterlagernden Kreideschichten alterirt werden mussten, eine Scholle so unbewegt blieb, dass ihre Oberkante sich nicht auch nur um ein Geringes verändert hat, sondern sich noch genau in dem gleichen Niveau befindet, das sie vor der Ablagerung der Ruḳḳādlava innehatte. Ich kann, gerade durch den letzteren Umstand bewogen, nur in der erosiven Thätigkeit des Jarmuk dasjenige Agens erblicken, das den Raum zur Ablagerung der Quelltuffe innerhalb der beiden Lavawände geschaffen hat.

Wie dem auch sein mag, erklärt man sich die Zerstörung des Ruḳḳādlavastromes, der den Thalkessel von *el-ḥammi* erfüllte, durch Erosion oder durch Einsturz, um hierdurch den nöthigen Platz zur Ablagerung der Quelltuffe zu schaffen, so viel steht positiv fest: diese begann erst nach oder mindestens gleichzeitig mit jenem Ereignisse.

Daher ist die Entstehung der heissen Quellen von *el-ḥammi* in eine noch erheblich jüngere Zeit zu verlegen, als die Eruption der Ruḳḳādlava.

Wenn wir also die einzelnen Stadien in der geologischen Geschichte des Thalkessels von *el-ḥammi* kurz recapituliren, so sind dieselben folgende:

Tertiär oder Diluvium	{ 1) Einbruch des Jordanthales; in Folge dessen die Bedingungen zu
--------------------------	---

- | | | |
|---|---|--|
| | } | 2) Erosion des Jarmūkthales gegeben. Dieselbe war bis zur Höhe der Unterkante des Ez-zeijätīnlavastromes vorgeschritten, als |
| | | 3) die Eruption der Ez-zeijätīnlava erfolgte und das Thal für einige Zeit wieder ausfüllte. Darauf begann |
| Alt-Alluvium. | } | 4) die Erosion der Ez-zeijätīnlava und wahrscheinlich im Lauf derselben |
| | | 5) der Einbruch des Thalkessels von el-Ḥammi und Ablagerungen alt-alluvialer Geröllmassen in dem neuentstandenen Thale. Dieselben wurden bedeckt durch |
| Spätes Alt-Alluvium oder prähistorische Zeit. | } | 6) die Eruption der Ruḳḳādīlava. Nach dieser begann |
| | | 7) die Zerstörung des letzten Lavastromes innerhalb des Thalkessels <i>el-ḥammi</i> , sei es durch Erosion des Jarmūk, sei es durch Einsturz. Während oder nach diesem Ereignisse erfolgte |
| Prähistorische Zeit | } | 8) der Ausbruch der Thermen und Beginn der Ablagerung des Quelltuffes. |
| | | 9) Höhepunkt der Ablagerung des Quelltuffes; Zeit der grössten Thermenhätigkeit. |
| Gegenwart und historische Zeit. | } | 10) Abnahme der Thermenhätigkeit, Abkühlung einzelner Quellen; Abnahme der Quelltuffablagerung und Beginn der Erosion der letztern durch den Jarmūk. |

Ich bin allerdings genöthigt gewesen, bei der Aufstellung dieses Schemas Bezug auf einige Daten zu nehmen, welche eigentlich nicht direkt in Beziehung zu einer geologischen Skizze der Umgebung von *el-ḥammi* stehen. Sie sind aber auch ohne weitere Erläuterung verständlich; denn es ist einleuchtend, dass die Bedingungen zur Erosion des Jarmūkthales erst erfüllt waren, nachdem der Einbruch des Jordanthales erfolgt war. Ich werde auf diesen Gegenstand bei meiner geologischen Beschreibung des Dschölän etc. noch weiter zurückkommen.

Die oben eingehaltene chronologische Reihenfolge in der geologischen Geschichte der Umgebung von *el-hammi* darf mit einer Ausnahme als völlig zutreffend gelten. Ich bin mir nämlich, wie ich oben ausgeführt habe, darüber nicht ganz gewiss, ob der Einbruch des Thalkessels von *el-hammi* (No. 5) noch vor der Eruption der Ez-zeijätinlava erfolgt ist, oder so wie ich oben meinte, nach derselben. Spätere Untersuchungen werden hierüber noch Klarheit bringen. Im grossen und ganzen wird aber dann an meinem Schema nichts geändert werden, sondern nur eine Umstellung der unter No. 3 und 5 genannten Ereignisse nöthig sein.

GEOLOGISCHE SKIZZE

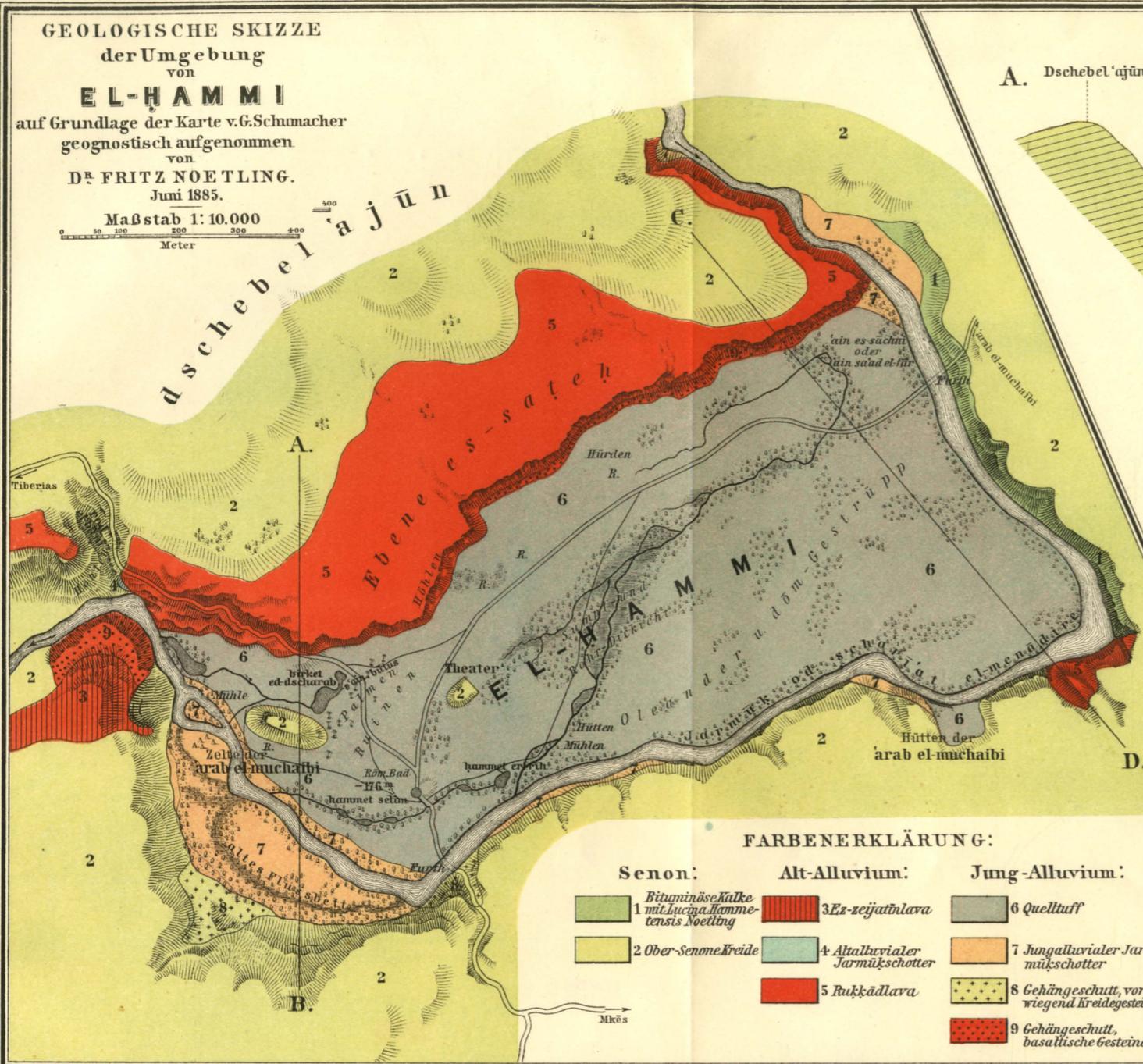
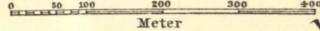
der Umgebung
von

EL-HAMMI

auf Grundlage der Karte v.G.Schumacher
geognostisch aufgenommen

von
DR. FRITZ NOETLING.
Juni 1885.

Maßstab 1:10.000



FARBENERKLÄRUNG:

Senon:

1 Bituminöse Kalker
mit *Lucina flamme-*
tensis Noetting

2 Ober-Senone Kreide

Alt-Alluvium:

3 Es-zeijatn-lava

4 Altaluvialer
Jarmükschotter

5 Ruḳḳād-lava

Jung-Alluvium:

6 Quelltuff

7 Jungaluvialer Jar-
mükschotter

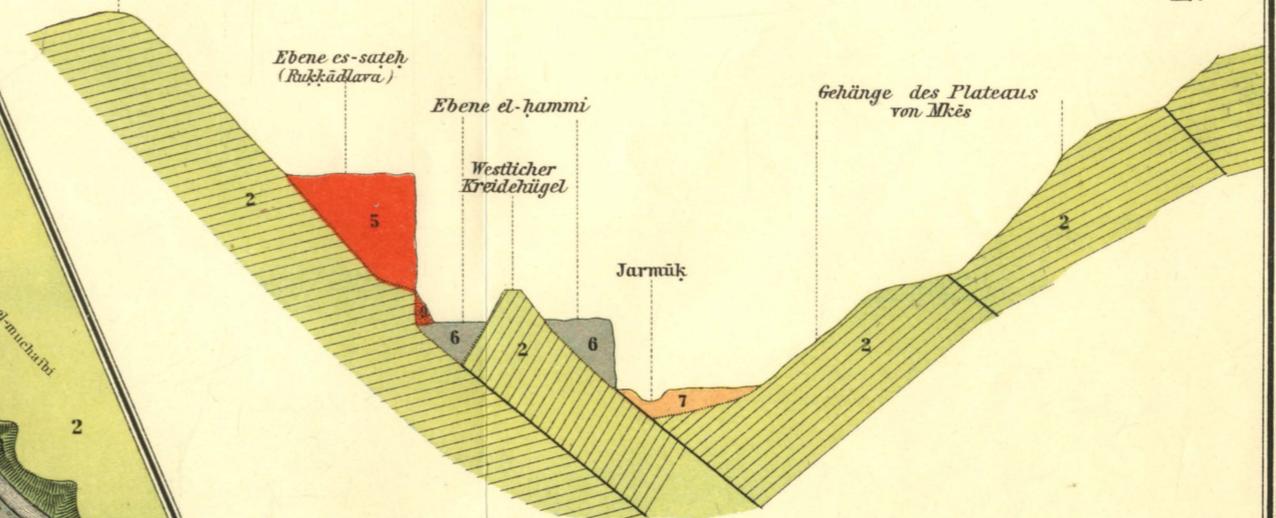
8 Gehängeschutt, vor-
wiegend Kreidegesteine

9 Gehängeschutt,
basaltische Gesteine

Profil A.B.

A. Dschebel 'ajün

B.

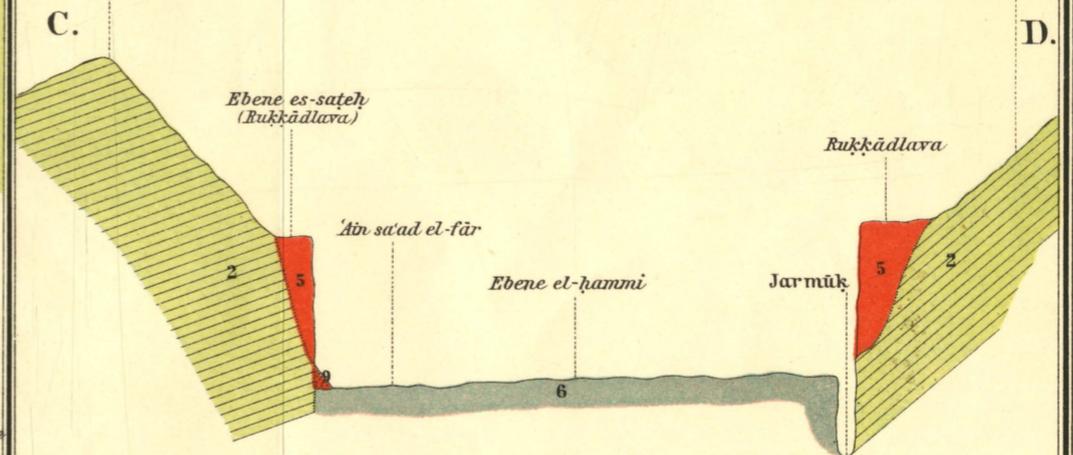


- 2. Ober-Senone Kreide
- 5. Ruḳḳād-lava
- 6. Quelltuff
- 7. Jungaluvialer Jarmükschotter
- 9. Basaltischer Gehängeschutt

Profil C.D.

Dschebel 'ajün

D.



- 2. Ober-Senone Kreide
- 5. Ruḳḳād-lava
- 6. Quelltuff
- 9. Basaltischer Gehängeschutt