

Türkiye'de Son Tetkik Edilen Tabî Hamızı Karbon Zuhuratı.

Yazan: H. KLEINSORGE

Tabî hamızı karbon istihsaline mahsus bir tesisat vücade getirmek üzere icap eden belgelerin toplanması için, malûm bulunan bazı zuhurlar son defa yeni bir etüde tâbi tutulmuşlardır. Bu etütlerden elde edilen neticeler jeolojik bakımdan enteresan olduklarından, bu hususta kısaca malûmat vermeği faydalı bulduk.

Tetkik edilen zuhuratı, kuru gaz hebeanları ile kuvvetli gaz ihtiva eden n>adeh suyu menbaları olmak üzere tercihan iki ana gruba ayırıyoruz. Birinci gruba dahil bulunan gaz nebeanları şunlardır:

1) Kemerhisar (Vilâyet Niğde, kaza Bor).

2) Akhüyük (Vilâyet Konya, kaza Ereğli).

3) Kokarkale (Vilâyet İsparta, kaza Şarkî Karaağaç) .

İkinci gruba dahil bulunan müteaddit menbalardan son defa tetkike tâbi tutulanlar şunlardır:

4) Akarca (Vilâyet Bursa, kaza Mustafa Kemal Paşa).

5) Pamukkale (Vilâyet Denizli, kaza Denizli).

KEMERHİSAR:

Eski devrin Tyana adımı taşıyan bu mevki, Niğde'nin takriben 20 km. cenup cenubu garbisinde ve Niğde - Ulukışla demiryolu üzerindeki Kemerhisar'ın takriben 4 km. cenubunda Hortasan gaz kuyusu bulunmaktadır. Bu gaz menba büyük Bor alüviyon vadisinin ortasında, yassı ve takriben 6 m. kutrunda bir zemin çöküntüsünün içinde bulunmaktadır. Ziyaretimiz esnasında, küvetin satıh suyu ile do-

lu olduğunu gördük ve yazın bu teknenin tamamen kurumakta olduğunu haber aldık. Gazlar suyu fıkırdatmakta ve çıkan sesler 80 m. mesafeden iyice duyulabilmektedir. Havuzun ortasında bulunan en büyük mahreç, suyu takriben 15 cm. yukarıya fıskırtmaktadır. Havuzda takriben 20 kadar büyükçe gaz mahreci saydık. Bunların takriben 30 metrelik bir daire teşkil eden muhitlerinde, daha bir çok ufak gaz mahreçleri vardır ve bunlar civarın bataklık olan çayırılığında köpükler ve habbe teşekkülâtı ile belli olmaktadır. Takriben 250 m. ileride oldukça az sulu kalevî bir hamızı karbon menbaı bulunmaktadır. Bu menba kaptajında ve kaptajın civarında da az miktarda gaz çıkmaktadır. Hortasan zuhurunun yakınında, cenubunda ve vadi kenarına doğru bulunan Neojen cidarlarında, çok eski sıcak ılıcaların teressubatına rastlanmakta olup, bunlar bazı yerlerde 30 m. irtifaında ve 50 m. genişlikte sırtlar halinde araziye karakterize etmektedirler. Rusubî kalker tabakaları her iki tarafa yatmakla beraber, bir orta hattı imtidadınca simetrik vaziyette bulunmaktadırlar. Bu orta hattı, ekseriyetle kollara ayrılmış bir aragonit gangı halinde teşekkül etmiştir. Bu zuhuru tetkik ve tarif etmiş olan Tchihatcheff de [*] bunlar hakkında tam malûmat vermemektedir. Bu rusubî kalker tepesi içinden de bir çok yerlerde hışırtılı bir ses çıkaran gaz çıkmakta ve çobanla-

[*] P. de Tchichatcheff, *Asie Mineure, Description Physique. Part. I. Géographie physique comparée.* Paris 1866.

rın belliyerek ürktükleri çukurlarda toplanmaktadır. Yukarıda izah olunan gaz mahreçleri, rusubî tepenin mihveri imtidadında bulunmaktadırlar. Bu suretle takriben 3-4 km. tulünde ve 300 m. genişliğinde bir saha üzerinde gaz mahreçleri bulunuyor demektir.

Çıkan gazlardan bir kısmı yakalanarak, umumî bir tahmine esas teşkil etmek üzere bir sahra cihazı ile kısmen ölçülmüştür. Yapılan hesaba göre, gaz verimi saniyede takriben 5-6 litredir. Bu miktarın yarısını Hortasan'daki ana mahreç vermektedir. M.T.A. laboratuvarlarında yapılan tahlil neticesinde, gazda % 98,6 CO₂ bulunduğu tebeyün etmiştir. Elverişli usullerle, çıkan gazın mühim nisbette fazlalaştırılması mümkün olabilir.

AKHÜYÜK:

Ereğli kasabasının takriben 7,5 km. şimal - şimali şarkisinde ve Kemerhisar'ın takriben 40 km. garbında bulunan bir gaz zuhuru, yukarda tarif edilen zuhura çok benzemektedir. Bunun için, bu zuhurun tarifini kısa keserek M.T.A. mecmuasının 1939 senesi 4 sayılı nüshasında intişar eden «Akhüyük lityum ılıcası, Dr. Kleinsorge» makalesine işaret etmekle iktifa ediyoruz. Bu zuhurlarda da aynı teşekkülü rusubî kalker sırtına tesadüf edilmekte ise de, bu sırt burada hadde zaviye ile birbirini kateden iki ana çatlağın mevcudiyeti dolayısıyla oldukça muğlak bir şekildedir. Sırtı vücade getirmiş olan sıcak kaynak henüz mevcuttur. Burada da hamızı karbon zuhuru, rusubî kalker tepesi ile bu tepenin yakın civarına bağlıdır. Takriben 100 m² lık bir saha üzerinde, sırtı ihata eden bataklık çayırlar içinden CO₂ çıkmaktadır. Rusubî kalker tepesinin burada açık bulunan tefrik hattı içinde ve lityum ılıcasında da gaz vardır. Çıkan gazın

mecmu miktarının takriben saniyede 1-1,5 litre olması muhtemeldir. Güçlülükle toplanan ve saf olmayı bir numunenin M.T.A. laboratuvarlarında tahlili, % 68,9 CO₂ göstermiştir. Bu numuneye hava ve az miktarda CH₄ (metan gazı) karışık olmakla beraber, bu havalide de bir hamızı karbon zuhurunun bulunduğu ve bu zuhurun Kemerhisar zuhuruna yakın olması itibarile enteresan olduğu muhakkak olduğundan, burada kısaca zikredilmiştir.

Elde edilen neticelere bakılacak olursa, yukarda tarif edilen her iki zuhurun da tipik mofetler (kuru vaziyette hamızı karbon çıkaran toprak sathı) olduklarını görürüz. Kemerhisar'da mofet vaziyeti ile beraber, hamızı karbonlu su vaziyeti de mevcuttur. Akhüyük, de ise, ayrıca sıcak su vaziyeti de mevcuttur. Bundan evvelki eserlere nazaran (yukarda zikredilen Akhüyük lityum ılıcası makalesine bakınız), bu civardaki ılıcaların yakın bir mazide, daha fazla miktarda, daha bol sulu ve daha sıcak buldukları, yani ılıca vaziyetinin bugün artık inkiraz halinde olduğu ve bu vaziyetin belki de mofet vaziyetinin lehine bir hâdise olarak kaydedilebileceği anlaşılır. Bu ılıcalar ve gaz mahreçlerinin sebebini, Mekedağ - Karacadağ - Hasandağ ve Melendiz dağları ile Erciyas dağının genç volkanizminde aramak icap eder. Bu volkanlar silsilesi, bilhassa cenup ve şimal kısımlarında henüz çok genç sathı şekilleri göstermektedir. Gerek Sultaniye civarında (Karapınar) ve gerekse Melendiz dağının şimalindeki Acıgöl havalisinde çok iyi muhafaza edilmiş kraterlere, indifa bacalarına ve mağaraya benzeyen teşekküllere tesadüf ediyoruz. Bu civarda bulunan bir çok yerlerde hamızı karbonlu menba sularının hamızı karbon fişkırma- larının, sıcak su kavnakları ve sairenin bulduklarından bahsedilmektedir. Havalinin şimal kısmını gezmiş olan Chaput'ye

nazaran, [*] buradaki volkanizm çok genç olup, Katernere mensuptur. Erciyas dağı indifalarının da herhalde genç olması ve tarihî devirlerde bu indifaların hali faaliyette bulunmuş olması çok muhtemeldir. Bu genç volkanizmin, yukarda tarif ettiğimiz mofet faaliyetine sebebiyet vermiş olması şüphesizdir. Akhüyük, Sultaniye kraterler havalisinden hava hattı ile yalnız 12-15 km. mesafededir. Kemerhisar, Melendiz dağının eteğine yakın bir yerde kâindir. Eski sıcak su kaynaklarının ve bugünkü mofetlerin çıkış noktalarını teşkil hususunda, genç tektonik hâdiselerin de tesirsiz kalmamış olmaları, ve bunların büyük Bor-Ereğli alüvyon ovasının vücut bulması ile münasebettar oldukları da ihtimal dahilindedir. Ancak, bu hususun daha yakından tesbiti şimdilik kabil değildir.

KOKARKALE:

Kokarkale, Eğridir demiryolu istasyonundan takriben 19 km. şimali şarkîde ve Eğridir gölünün şark sahiline yakın bir yerde bulunmaktadır. Gaz burada kalın banklı çatlak kalkerden çıkmaktadır. Tebahhur, 2,50 m. kutrunda N 30 W istikametinde bir çatlak üzerinde bulunan havuzda vâki olmaktadır. Kalkerde orta Devon çağma işaret eden mercanlar bulunmuştur. Ziyaretimiz esnasında, havuz satıh suyu ile dolu idi; ancak yazın tamamen kurumakta olduğu söylenmektedir. Gazın su içindeki fıkırtısı takriben 100 m. mesafeden işitilmektedir. Gaz, terkiibinde bulunan kükürt irtibatlarından mütevellit çok fena bir koku neşretmektedir. Laboratuar tahlilleri gazda % 96,5 veya % 96,75

[2] Chaput, E. *Voyages d'etudes geologiques et geomorphogeniques en Turquie*. Memoires de l'institut français d'archeologie de Stamboul. II. Paris 1936.

CO₂ bulunduğunu göstermiş olup, diğer sübstanslar tayin edilememiştir. Çıkan gazın miktarı saniyede tahminen 6-7 litre olsa gerektir. Yakın civarda bundan başka gaz mahreci bulunmamakta ve ancak tahminen 8 km. mesafedeki Sarı İdris civarında bazı ufak zuhurların mevcut oldukları söylenmektedir. Etrafta genç bir volkanizme delâlet edecek emmareler yoktur.

Kokarkale gaz tebahhurunun sebepleri ile zuhurun teşekkül sebeplerini satıhta tesbit etmek kabil değildir. Gaz çıkış noktasının Eğridir gölünün şark kenarına yakın olduğunu tesbit etmekle iktifa edeceğiz. Göl küvetinin tektonik bir çöküntüden veya bir ovoidan neş'et etmiş olması muhtemel bulunduğundan, gazın bu hâdisatın tevlit ettiği bir kenar çatlağından veya tâli bir unsurdan çıkmakta olması mümkündür. Tebahhurun başka bir sebebini de, derinde bulunan bir magmaya atfetmek zaruretindeyiz.

AKARCA:

Bu mevki Mustafa Kemal Paşa kazasının takriben 15 km. cenubunda ve çok vâsi bir genç tersiyer sahasının ortasında bulunmaktadır. Buradaki zuhur bir kaynaklar grupundan müteşekkil olup, iki ılıcadan başka üç tane de hamızı karbonlu su kaynağı vardır. Bütün menbalar küçük bir vadinin kenarına toplanmış vaziyettedirler. Yamaç mesamatlı ve demir muhtevalı bir kalker travertenini ile örtülüdür. Ana kaynak takriben 2 m. derinlikte bir kuyu içine alınmış olup, buradan bir hammama su sevketmek için kullanılmaktadır. Kaynak, kalevi ve 40° C. harareti havi bir sıcak su kaynağıdır. Verdiği su miktarı az olup, saniyede takriben 1/10 litre kadardır. Buna mukabil çıkardığı gaz miktarı çok daha fazladır. Bu kaynaktan şiddetli fokurdama ile inkitasız bir gaz

cereyanı fıskırmakta ve su, bu cereyanın tazyiki altında yukarıya fırlatılmaktadır. M.T.A. laboratuvarlarının tahliline göre, buradan çıkan gaz çok saf olup, % 99,7 nisbetinde CO₂ den müteşekkildir. Çıkan gaz miktarı kısmî mesahaya müstenit bir tahmin ile ana kaynakta saniyede takriben 1 litredir. Diğer kaynakların gaz verimleri daha az olup, saniyede cem'an yarım litre kadardır.

Akarca zuhuru genç Tersiyer dahilinde vukua gelmiş olan ufak bir dislokasyonla münasebettar olup, oldukça derinde bulunan bir magma kütesinin mevcudiyetinden neşet etmekte olsa gerektir. Bu dislokasyon, gazların yükselmesini kolaylaştırıyor. Hey'eti umumiyesi itibarile mofet zuhuratı biribirine çok yakın olup, sıcak su verimi ehemmiyetsizdir. Asıl nazarı dikkate çarpan vaziyet, müteaddit sıcak ve soğuk menbaların en dar bir saha dahilinde sıkışık bir vaziyette yanyana bulunmalarıdır. Bundan da, sıcak suyun yükseliş yollarının iyi bir şekilde tecrit edilmiş olduklarını tahmin etmek icap eder.

PAMUKKALE:

Tarihin eski devirlerindeki ismi Hierapolis olan Pamukkale, yukarıda zikrettiğimiz hamızı karbon zuhuratı ile sıkı olunan bir münasebette bulunmaktadır. Buradaki zuhur daha ziyade, suyu bol bir ılıca olup, suyundan muayyen miktarda serbest . hamızı karbon bulunmaktadır. Menbaın oldukça büyük olan verimi sayesinde, serbest CO₂, miktar bakımından fazlalaşmakta ve ılıca bu şekilde bir hamızı karbon zuhuru telâkki oluşabilmektedir.

Pamukkale, Denizli'den takriben 15 km. şimalde ve en yakın olan Goncalı demiryolu istasyonundan tahminen 8 km. uzaktadır. Pamukkale, Büyük Menderes huf-

resinin şimal kenarındadır. Oldukça uzak mesafeden, takriben 3 km. uzunluğunda olan ve vadi düzlüğünden 90-100 m. yükselen rusubî kalker tarasası gözükmekte olup, bu taraşa yalnız birkaç yerinde yeni teşekkül eden kalker teressübü ile beyaz bir renk almış, ekser kısımları ise vadi düzlüğünden boz renkte dik duvarlar halinde yükselmekte bulunmuştur (foto 1). Tarasanın kenarlarında üstüste binmiş rusubî su tekneleri görülmekte olup, bunlar üstüste basamaklar teşkil etmekte ve su, birinden diğerine intikal ederek, ayrılmakta olan kalker teressübü ile mütemadiyen ilerlemiş ve bu suretle alüvyon düzluğē doğru çok muazzam bir rüsup kütle ile bunun ön kademeleri vücut bulmuştur (foto 2 ve 3). Su, bugün kanallarla sevkedilmekte ve bu suretle tarasaların tabiî şekilde teşekküllerine bir mania çekilmektedir. Biribirinden oldukça uzak bulunan takriben 6 yerde sıcak su, düz taraşa satırlarından şellâleler şeklinde aşağı düşmekte ve kanalın civarında sür'atle rusubî bir mahrut inşa ederek, nev'ama kendi inşa eseri olan bir traverten olduğu içinden vadiye doğru akmaktadır. Yavaş yavaş vadiye doğru inen ve ekseriyetle duvar şeklinde 10 m. yüksekliklere erisen bu oluk, bir rampa şeklinde vadi düzlüğünde yükselmektedir (foto 1 ve 4). Su kanallarını taraşa üzerinde takip ettiğimiz takdirde, bütün akıntılarının büyük bir toplama havuzundan geldiklerini görürüz. Bu havuz asıl menba değildir; su burada bir çatlaktan (kütlevî kalker teressübü içinde vukua gelen açık bir zelzele çatlağı) yayılmış bir halde çıkar. Dağ yamacına doğru bakacak olursak, başka iki dar ve derin çatlaktan sıcak suyun çıkarak traverten içinden aktığını müşahede ederiz. Asıl menba tıkanmış olup, kolaylıkla belli olmamaktadır. Hamızı karbonlu sıcak suyun tabiî bir surette teşkil ettiği bu

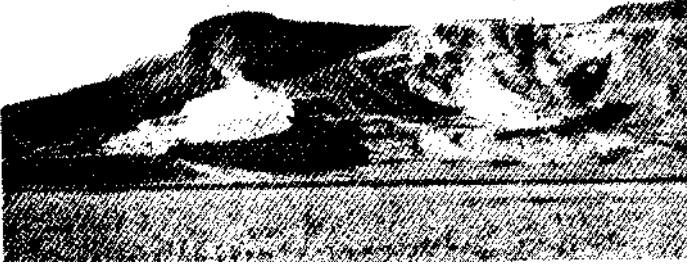
duvar şeklindeki oluklara istinaden, tabii kaynak yerini oldukça kat'iyetle tesbit etmemiz mümkündür. Düz tarasa sathı üzerine de, traverten tarasasının eteğinde gördüğümüz oluklara rastlarız. Bunlarda halen su olmamakla beraber, daha eski zamanlarda kaynağın sathî akıntısını ve mecranın teşkil etmiş olmaları muhtemeldir. Bütün bu eski kanal hatlarını, travertenin kenarında mücavir yaşlı dağlara müteveccih bulunan bir noktaya kadar takip etmemiz kabildir. Burada ufak bir senklinal teşekkül etmiş olup, kanallar bunun alt nihayetinden başlayarak müteaddit istikametlere doğru ayrılırlar. Binaenaleyh ya bu noktanın kaynak mevki olması, veya kaynak mevkiinin bu noktanın çok yakınında bulunması icap eder. Düşüncemizde biraz daha ileri gidecek olursak, bugünkü saha senklinalinin, eski devirlerin çökmüş Plutonium çatısını teşkil etmekte olduğunu söyleyebiliriz. Bu nokta eski Hierapolis tiyatrosunun altındadır ve Humann, kaynak mevkiinin [*] burada bulunduğunu tahmin etmekle beraber, bu tahminin hangi sebeplere istinat ettiğini söylemez.

Menbain verimi güçlkle tayin edilebilecek vaziyette olup, ancak mecra kanallarına göre tahmin olunabilir. Ancak bu şekildeki bir mesahada, suyun kireç terrib edici evsafı yüzünden güçleşmektedir. Kanalların üst satırları kapanmakta, kenarlardaki nebatat traverten teşekkülünü tesri etmektedir. Bir kaç yerde yapılan mesahalar, sathî 65 cm. lik bir genişliğin hakikatte 1,80 m. olduğunu göstermiştir.

[*] Humann, C. Cichorius, C. Judeich, W. Winter, F. Altertümer von Hierapolis. Jahrbuch des kaiserlich deutschen archaeologischen Instituts. Ergaenzungsheft IV. Berlin 1898.

Yine bazı yerlerde zahirî genişlik 30 cm. iken, biraz derinde 1,40 m. lik genişlikler ölçülmüştür. Diğer cihetten kanal cidarları da çok gayri muntazamdır. Bu şeraitin. Humann tarafından yapılan ve dakikada sadece 40 m³ olarak (saniyede 667 litre) tesbit edilen su verimi mesahasına da tesir etmiş olması muhtemeldir. Bu rakkam çok az görülmektedir. Yaptığımız kısmî mesahalara göre, su miktarının saniyede asgarî 2 m³ olduğunu tahmin etmeğe meyyal bulunuyoruz. Büyük toplama havuzundaki suyun harareti 34° C. dir. Daha yukardaki zelzele çatlağında 35° ölçtük. Hamızı karbon muhtevası da aynı şekilde değişmekte, litrede 0,3 gramdan litrede 1,016 grama kadar yükselmektedir. Suyun bu serbest hamızı karbon muhtevası yanında, mütemadiyen gaz kabarcıkları görülmektedir. Derin zelzele çatlağından büyük müşkülâtla toplıyabildiğimiz bu gazın mahlut bir numunesinde % 82,1 CO₂ bulduk. Bütün bu izahattan anlaşılıyor ki, sıcak kaynağı, halen tıkalı bulunan menba mevkiinde açacak olursak, hararet derecesi ile beraber, hamızı karbon tenorunun de yükseleceği muhakkaktır. Maamafih CO₂ tenörü bugünkü vaziyetinde de mühimdir. Humann tarafından bildirilen ve muhakkak surette hakikatin dunda bulunan saniyede 667 litrelik su miktarı ile litrede 1 gram hamızı karbon tenorunu kabul etsek bile, suda inhilal eden serbest hamızı karbonun günde yuvarlak hesapla 58 tona baliğ olacağını görürüz. Halbuki bu meyanda pek daha fazla olması muhtemel bulunan su verimi ve serbest kabarcıklar halinde çıkan CO₂ nazarı itibara alınmamıştır. Bu şekilde Pamukkale kalevi türabî sıcak hamızı karbonlu menbainı, Türkiye'nin hamızı karbon zuhuratı meyanına ithal edebiliriz.

Bazı Tabii Hamızı Karbon Zuhurati Einige Vorkommen von natürlicher Kohlensäure



No.1

Pamukkale **traverten tarasası**. Ön planda teşekkül halinde bulunan bir traverten oluşu.

Die Sinterterasse von Pamukkale, Im Vordergrund eine im Aufbau begriffene Sinterrinne.



No, 2

Traverten tarasasının üst sathı. Ön planda üst üste bulunan tabii su havuzları.

Oberflaeche der Sinterterasse. Im Vordergrund die übereinanderliegenden Wassertröge.



NO. 3

Eski ve hâlen kurumuş vaziyette olan tabii sıcak su havuzları. Bunlar alüvyon düzlüğüne doğru- vadide ilerlemektedirler.

Alte, jetzt traekene Thermalwassertröge, welehe die Terasse in Riehtung auf die Alluvialebene vorbauen.



No, 4

Akıntı halinde bulunan ve kireç tersib sıcak suyun vücude getirdiği tabii kalkerli oluk hattı,

Natürliche Kalkrinne, aufgebaut durch das abfließende, kalkabscheidende Thermalwasser,

Über einige neu untersuchte Vorkommen von natürlicher Kohlensäure in der Türkei.

Von Dr. H. KLEINSORGE.

Zur Sammlung von Unterlagen für die Errichtung einer Anlage zur Gewinnung von natürlicher Kohlensäure wurden eine Anzahl bekannter Vorkommen neu untersucht. Die hierbei gewonnenen Ergebnisse sind geologisch nicht uninteressant, es mag daher gestattet sein darüber kurz zu berichten.

Wir wollen die untersuchten Vorkommen trennen nach vorwiegend trockenen Gasaustritten und Mineralwasserquellen mit starkem Gasgehalt. Zur ersten Gruppe sind zu stellen die Gasaustritte von:

- 1.) Kemerhisar (Vilayet Niğde, Kaza Bor)
- 2.) Akhüyük („ Konya, „ Eregli)
- 3.) Kokarkale („ Isparta, „ Şarkikaraağaç)

Zur zweiten Gruppe gehören (nur diese neu untersucht, neben vielen anderen) :

- 4.) Akarça (Vilayet Bursa, Kaza Mustafa Kemal Paşa)
- 5.) Pamukkale (Vilayet Denizli, Kaza Denizli)

KEMERHİSAR, das alte Tyana liegt etwa 20 km. südsüdwestlich von Niğde an der Bahnstrecke Niğde - Ulukışla, wieder etwa 4 km. südlich des Ortes liegt der Gasaustritt Hortasan. Er befindet sich mitten in der grossen Alluvialebene von Bor, in einer flachen Bodenvertiefung von etwa 6 m. Durchmesser. Die Wanne war zur Zeit des Besuches von Oberflächwasser erfüllt, soll aber im Sommer völlig austrocknen. Das Wasser wird von dem

Gas in brodelnder Bewegung erhalten, das Geräusch ist auf etwa 80 m. deutlich wahrzunehmen. Der grösste Austritt in der Mitte des Beckens wirft das Wasser etwa 15 cm. in die Höhe, in diesem Becken konnten etwa 20 grössere Gasaustritte gezählt werden, in einem Umkreis von etwa 30 m. darum herum ist weiter eine Unzahl kleinerer Austritte vorhanden, die in der sumpfigen Wiese an Schaumkräuzen und Blasenbildung erkennbar waren. Etwa 250 m. entfernt tritt ein wasserarmer alkalischer Sauerling aus, in dessen Quelfassung und deren Umgebung ebenfalls Gas in kleineren Mengen frei wird. In der Nahe des Vorkommens Hortasan, südlich davon und in grossen Masse nahe dem Rand der Ebene, an der Neogenkante, finden wir die Reste der Absätze alter Thermalquellen, die sich als stellenweise 30 m. hoher und 50 m. breiter Rücken deutlich im Gelände ausprägen. Die Sinterkalkschichten liegen, nach beiden Aussenseiten abfallend, symmetrisch zu einer Mittellinie, Heute fehlen die heissen Quellen; auch Tchichatcheff^[1], der das Vorkommen untersucht und beschrieben hat, bemerkt nichts über sie. In diesem Kalksinterhügel tritt nun ebenfalls an verschiedenen Stellen Gas unter zischendem Geräusch aus und sammelt sich in Bodenvertiefungen, die von den Hirten gemieden werden. Die oben beschriebenen Gasaustritte liegen

[1] Tchichatcheff. P. de. *Asie Mineure. Descriptions Physique. Part. I. Géographie physique comparée.* Paris 1866.

deutlich auf der Verlaengerung der Achse des Sinterhügels. Wir erkennen so ein Areal von etwa 3-4 km. Laenge und 300 m. Breite, auf dem die Gasaustritte vorhanden sind.

Das Gas wurde aufgefangen und Teilmessungen mit einer Feldapparatur ausgeführt, die zu einer Gesamtschaetzung verwendet wurden. Es ergibt sich eine Menge von etwa 5-6 L/S. Gas, wovon allein der Hauptaustritt Hortasan die Haelfte bringt. Das Gas besteht nach den Untersuchungen des Laboratoriums des M.T.A. zu 98,6 % aus CO_2 . Durch geeignete Aufschlussmethoden waere die ausströmende Menge sicher bedeutend zu erhöhen.

AKHÜYÜK, etwa 7 1/2 km. nordnordöstlich von Ereğli und in einer Entfernung von etwa 40 km. in westlicher Richtung von Kemerhisar gelegen, aehnelt als Vorkommen dem obenbeschriebenen sehr. Wir können uns daher in der Beschreibung kurz fassen und auf die ausführliche Schilderung in Heft 4; Jahrgang 4; 1939 dieser Zeitschrift hinweisen (Kleinsorge, H. Die Lithiumtherme von Akhüyük). Auch bei diesem Vorkommen haben wir den gleich gebauten Kalksinterrücken, an dieser Stelle durch das Vorhandensein zweier, sich unter spitzem Winkel schneidender Hauptspalten etwas kompliziert. Die warme Quelle, die den Rücken aufgebaut hat, ist noch vorhanden, auch hier ist das Vorkommen von Kohlensaure an den Kalksinterhügel und seine naechste Umgebung gebunden. Überall auf einer etwa 100 m² grossen Flaechen tritt in den, den Rücken umgebenden Sumpfwiesen, CO_2 aus, weiter sind Gase in der hier offenen Scheitelnahrt des Kalksinterrückens und in der Lithiumtherme vorhanden. Die Gesamtmenge des ausströmenden Gases mag etwa 1 - 1 1/2 l/S. betragen

und ist bei den verstreuten Austritten nicht naeher zu bestimmen. Der CO_2 - Gehalt der unter Schwierigkeiten gesammelten, unreinen Probe betrug nach der Bestimmung des Laboratoriums des M.T.A. 68,9 %, beigemischt war Luft und wenig CH_4 . Immerhin ist deutlich, dass auch hier ein CO_2 - Vorkommen vorliegt, das in der Beziehung zu dem nahegelegenen Kemerhisar interessant ist und deswegen hier angeführt worden ist.

Wenn wir die gewonnenen Feststellungen überblicken, so sehen wir, dass es sich bei den beiden beschriebenen Vorkommen um typische Mofetten handelt. In Kemerhisar haben wir neben dem Mofettenstadium noch das Sauerlingsstadium, in Akhüyük ist noch das Thermalstadium vorhanden. Aus der aelteren Literatur (vergleiche die oben angegebene Arbeit über die Lithiumtherme von Akhüyük) ist zu entnehmen, dass vor nicht allzulanger Zeit dort noch die Thermen zahlreicher, wassereicher und waermer gewesen sind, d. h. dass das Thermalstadium heute am Erlöschen ist, vielleicht zu Gunsten des Mofettenstadiums. Die Ursache dieser Thermen und Gasaustritte ist in dem jungen Vulkanismus der Zone Meke dağı-Karaca dağı- Hasan und Melendis dağları - Erciyas dağı zu suchen. Diese Vulkankette zeigt besonders in ihren südlichen und nördlichen Teilen noch sehr jugendliche Oberflaechenformen. Wir haben wohlerhaltene Krater, Eruptionsschlote und maeraehnliche Bildungen sowohl in der Umgebung von Sultaniye (Karapınar) wie am Acıgöl nördlich des Melendis dağı. Von vielen Orten dieser Gegend wird von Sauerlingen und Kohlensaureexhalationen, warmen Quellen

u.s.w. berichtet. Nach Chaput ^[1], der den Nordteil besucht hat, ist der Vulkanismus sehr jung und gehört dem Quartaer an. Auch die Eruptionen des Erciyas dağı sind sicher jung und sind vielleicht noch in historischer Zeit erfolgt. Dieser junge Vulkanismus ist nun auch ohne Zweifel die Ursache unserer oben beschriebenen Mofettentaetigkeit. Akhüyük ist von dem Kratergebiet von Sultaniye in der Luftlinie nur 12-15 km. entfernt. Kemerhisar liegt nahe dem Fusse des Melendis dağı. Weiter mögen für die Bildung der Austrittspunkte der aelteren Thermalquellen und der heutigen Mofetten auch junge tektonische Ereignisse mitverantwortlich gewesen sein, die im Zusammenhang mit der Anlage der grossen Alluvialebene von Bor - Ereğli stehen. Diese Elemente lassen sich jedoch noch nicht genauer festlegen.

KOKARKALE, liegt etwa 19 km. nord-östlich der Eisenbahnstation Egridir, nahe dem Ostufer des Egridir gölü. Das tritt aus dickbankigem, geklüftetem Kalk aus. Die Exhalation erfolgt in einem Becken von 2,50 m. Durchmesser, auf einer Spalte, die N. 30 W. streicht. Der Kalk enthaelt Korallen, die ein mitteldevonisches Alter anzeigen. Das Becken war zur Zeit des Besuches von Oberfläche Wasser erfüllt, soll aber im Sommer völlig austrocknen. Das Brodeln des Gases im Wasser war auf etwa 100 m. zu hören. Das Gas hat einen unangenehm stechenden Geruch, der von beigemengten Schwefelverbindungen bedingt ist. Nach den Bestimmungen des Laboratoriums besteht es zu 96,5 bzw. 96,75 % aus CO₂, die Restbestandteile blieben unbestimmt. Die Menge des austretenden Gases mag et-

wa 6-7 L/S betragen. Weitere Gasaustritte fehlen in der unmittelbaren Nachbarschaft, erst in etwa 8 km. Entfernung bei der Ortschaft Saridris sollen kleinere Vorkommen vorhanden sein. Anzeichen eines jungen Vulkanismus fehlen in der naeheren Umgebung.

Bei der Gasexhalation von Kokarkale ist an der Oberflaeche die Ursache und die Bildung des Vorkommens nicht zu erkennen. Wir können feststellen, dass die Austrittsstelle nahe dem östlichen Rande des Egridir gölü liegt. Da das Becken des Sees wahrscheinlich einem tektonischen Einbruch, einer Ova, entspricht, besteht also die Möglichkeit, dass das Gas auf der Randspalte oder einem Nebenelement derselben aufdringt. Als weitere Ursache der Exhalation müssen wir ein in der Tiefe steckendes Magma annehmen.

AKARCA, liegt etwa 15 km. südlich von Mustafa Kemal Paşa inmitten eines ausgedehnten Jungtertiaergebietes. Das Vorkommen besteht aus einer Gruppe von Quellen, neben 2 Thermen sind noch 3 Sauerlinge vorhanden. Alle Quellen sind am Rande eines kleinen Taelchens zusammengedraengt, der Abhang ist von einem porösen, eisenschüssigen Kalksinter überdeckt. Die Hauptquelle ist in einem etwa 2 m. tiefen Schacht gefasst und wird zu einem Badehaus abgeleitet. Wir können die Quelle als eine alkalische Thermalquelle bezeichnen, die Temperatur betraegt 40° Celsius. Die geförderte Wassermenge ist sehr gering, sie mag etwa 1/10 L/S. betragen. Erheblich grösser ist dagegen die austretende Gasmenge. Mit lautem Brodeln steigt ein ununterbrochener Gasstrom auf, von dem das Wasser in die Höhe gerissen und gefördert wird. Nach der Analyse des Laboratoriums des M.T.A. ist das Gas sehr rein und besteht zu 99,7 % aus CO₂. Die

[¹] Chaput, E. *Voyages d'etudes géologiques et géomorphogéniques en Turquie. Mémoires de l'institut français d'archéologie de Stamboul. II. Paris 1936.*

Menge des Gases betraegt nach durch Teilmessung gestützter Schaetzung in der Hauptquelle etwa 1 L/S. Die Gasführung der anderen Quellen des Bezirkes ist geringer und mag zusammen noch einmal 1/2 L/S. betragen.

Das Vorkommen von Akarca ist an eine kleine Störung im Jungtertiaer gebunden und ist ebenfalls wohl auf eine tiefer im Untergrunde steckende Magmamasse zurückzuführen. Die Störung erleichtert das Aufdringen der Gase. Im ganzen gesehen steht das Vorkommen den Mofetten sehr nahe, die Förderung heissen Wassers ist unbedeutend. Bemerkenswert ist das auf engsten Raum gedraengte Nebeneinander mehrerer heisser und kalter Quellen. Man muss annehmen, dass die Aufstiegswege des heissen Wassers gut abgedichtet sind.

PAMUKKALE, das alte Hierapolis, steht nur in einem losen Zusammenhang zu den vorerwaehnten Vorkommen von Kohlensaure. Hier handelt es sich mehr um eine sehr wasserreiche Therme, die im Wasser eine gewisse Menge freie Kohlensaure enthaelt. Erst durch die grosse Schüttung der Quelle wird die freie CO₂ in ihrer Menge bedeutend und die Therme somit zu einem Kohlensaurevorkommen.

Pamukkale liegt etwa 15 km. nördlich von Denizli und etwa 8 km. entfernt von der naechsten Eisenbahnstation Goncali am nördlichen Rande des Grabens des grossen Maeanders. Schon aus grösserer Entfernung erkennt man die ca. 3 km. langgestreckte, sich 90-100 m. über die Talaue erhebende Kalksinterterrasse, die nur an einigen Stellen durch den neugebildeten Sinterkalk weiss gefärbt ist, meist aber sich mit grauen, steilen Waenden aus der Talaue heraushebt (vergleiche Abbildung 1). An den Raendern der Terrasse finden wir überall übereinan-

derliegende Sinterwassertröge, die stufenförmig übereinandergelegen, einer das Wasser an den anderen abgeben, sich durch den abgeschiedenen Kalksinter weiter vorbauten und so die Bildung der riesigen Sintermasse und ihren Vorbau in Richtung auf die Alluvialebene zu ermöglichen (vergleiche Abbildung 2 und 3). Heute wird das Wasser künstlich in Kanaelen abgeleitet und der natürliche Weiterbau der Terrasse ist gestört. An etwa 6 weiter voneinander entfernten Stellen stürzt das Thermalwasser aus den Kanaelen von der ebenen Terrassenflaeche herab, an den Abflusstellen baut es den Sinterkegel um den Kanal schnell vorwaerts und fliesst in einer selbstgebauten Sinterrinne, die sich langsam zum Tal hinabsenkt und oft mauerartig bis zu 10 m. Höhe sich über die Talaue erhebt (vergleiche Abbildung 1 + 4). Bei der Verfolgung der Wasserkanale auf der Terrasse erkennen wir, dass alle Abflüsse aus einem grossen Sammelteich entstammen. Dieser Teich ist, wie wir weiter sehen, nicht die eigentliche Quelle, es tritt hier an einer Spalte (eine klaffende Erdbebenspalte im massigen Sinterkalk) das Wasser in breiter Flaeche aus. Weiter zum Berghang hin erkennen wir in 2 anderen schmalen und tiefen Spalten das Thermalwasser, das im Travertin fliesst. Die eigentliche Quelle ist verschüttet und nicht ohne weiteres zu erkennen. Die natürliche Bildung von mauerartigen Gerinnen durch das kohlensaurehaltige Thermalwasser gibt uns nun aber ein Mittel, den natürlichen Quellort hinreichend genau festzustellen. Auch auf der ebenen Terrassenflaeche finden wir die schon am Fusse der Sinterterrasse erkannten Gerinne, die heute vom Wasser verlassen sind die aber in einer früheren Zeit den oberflaechlichen Abfluss der Quelle bildeten.

Diese alten Kanalzüge können wir alle zu einem Punkt zurückverfolgen, der am Rande des Travertins gegen das angrenzende ältere Gebirge liegt. Hier ist eine kleine Mulde gebildet, an deren unteren Ende die Kanäle ansetzen und sich nach allen Richtungen verzweigen. Dieser Punkt muss also der Quellort sein, oder ihm sehr nahe liegen. Wenn wir noch einen Schritt weiter gehen wollen könnten wir vielleicht sogar sagen, dass die heutige Geländemulde dem eingestürzten Dach des Plutoniums der Alten entspricht. Der Punkt liegt unterhalb des alten Theaters von Hierapolis und schon Humann^[3] vermutet den Quellort in den Umgebung dieser Stelle, ohne allerdings seine Gründe dafür anzugeben.

Die Schüttung der Quelle ist schwer zu bestimmen, wir können sie nur in den Abflusskanälen erfassen. Aber auch diese Messung ist erschwert durch die kalkabscheidende Eigenschaft des Wassers. Die Kanäle wachsen an der Oberfläche zu, die Vegetation an den Rändern beschleunigt die Bildung des Travertins. An einigen Stellen wurden Messungen vorgenommen, die ergaben, dass bei einer oberflächlichen Breite von 65 cm. eine wirkliche Breite von 1,80 m. vorhanden war. An anderen Stellen betrug die scheinbare Breite 30 cm. während tiefer eine Breite von 1,40 m. gemessen wurde. Weiter sind die Wandungen der Kanäle sehr unregelmäßig. Durch diese Ums-

tände ist wohl auch die Schüttungsmessung von Humann beeinflusst worden, der nur zu einer Wassermenge von 40 m³min. (667 L/S.) kam. Dieser Wert scheint viel zu niedrig zu sein. Nach verschiedenen Teilmessungen möchten wir mindestens 2 m³/s. annehmen. Die Temperatur des Wassers beträgt im grossen Sammelteich 34° Celsius, weiter oberhalb in den Erdbbenspalten konnten wir eine um ein Grad höhere Temperatur messen. Ähnlich schwankt auch der Kohlensäuregehalt, er steigt von 0,3 gr/1. auf 1,016 gr/1 Neben diesem Gehalt des Wassers an freier Kohlensäure perlt immer noch Gas auf. Eine in der tiefen Erdbbenspalte unter grossen Schwierigkeiten gesammelte unreine Probe dieses Gases ergab aber immer noch einen CO₂-Gehalt von 82,1 %. Aus allen diesen Daten können wir ersehen, dass bei einem Aufschluss der Therme an ihrem jetzt verschütteten Quellort neben der Temperatur auch wohl der Kohlensäuregehalt steigen wird. Aber schon jetzt ist die CO₂ - Menge bedeutend. Wenn wir die sicher zu kleine von Humann angegebene Wassermenge von 667 l/s. und einen Kohlensäuregehalt von 1 gr/1. annehmen, so kommen wir schon zu einer Menge von rund 58 Tonnen pro Tag allein aus der im Wasser gelösten freien Kohlensäure. Dabei ist die wahrscheinlich viel höhere Schüttung und die frei ausperlende CO₂ nicht berücksichtigt. So können wir den erdalkalischen Thermalsauerling von Pamukkale zu den Kohlensäurevorkommen der Türkei stellen.

[³] Humann, C. Cichorius, C. Judeich, W. Winter, F. Alertümer von Hierapolis. Jahrbuch des Kaiserlich deutschen archäologischen Instituts. Ergänzungsheft IV. Berlin 1898.