Verbreitung der schwefeloxydierenden Bakterien in den Thermen Japans.

von

Yoshikadzu Emoto.

Received October 25, 1932.

I. Einleitung.

Es ist eine allgemeine bekannte Tatsache, dass in den Thermen, wie in der Luft und in der Erde viele Mikroorganismen leben. Temperatur und chemische Bestandteile der Thermen verursachen Unterschiede der dort lebenden Mikroorganismen. Die Untersuchungen der Thermalmikroorganismen verdanken wir der Arbeit ELENKINS im Jahre 1914 (8), welche eine geschichtliche Übersicht derselben gab. Seitdem wurden viele Arbeiten von zahlreichen Forschern in verschiedenen Ländern veröffentlicht, z. B. OESTRUP (22), RÖSSLER (24), STOCKMAYER (26, 27) usw. Über die Mikroorganismen der Schwefelthermen schrieben unter anderen auch VOUK (30, 31), DUFRENOY (7), CHOLODNY (6), WORONICHIN (43), VUATHIER (32) und UPHOF (29). Sie bestätigten, dass in derartigen Thermen zusammen mit Algen, Diatomeen und Cyanophyceen auch Schwefelbakterien, farblose und rote Arten, gefunden werden.

Wir finden in Japan von Süden bis Norden an vielen Orten nicht nur erloschene und tätige Vulkane, sondern auch heisse Quellen, von denen zahlreiche bereits wissenschaftlich untersucht sind. Besonders die Angaben über die chemischen Bestandteile dieser japanischen Mineralquellen verdanken wir den Studien des Hygienischen Laboratoriums des Japanischen Innenministerium (21) und auch einem ausgezeichneten Werk von ISHIZU (13). In seiner Arbeit behandelte er die chemischen Bestandteile und die Radioaktivität, und gab auch eine allgemeine Beschreibung der kalten und heissen Quellen. Kürzlich veröffentlichten die Hygienischen Abteilungen der Präfekturbehörden von Aomori (1), Kagoshima (15) und Yamagata (16) Analysenresultate über die Mineralquellen in den betreffenden Präfekturen. Es sind mehr als 1000 japanische Mineralquellen in ihren chemischen Bestandteilen wissenschaftlich bekannt.

Die bereits gemachten Untersuchungen über die chemischen und geologischen Daten, sowie die officinalen Eigenschaften der Quellen haben zu einem guten Resultat geführt, jedoch nur wenig auf biologischem Ge-

biet. In letzterem Falle verdanken wir HORI (12) Mitteilungen (1890) über die *Oscillatoria*-Arten in den Quellen der Tamatsukuri-Thermen in der Shimane-Präfektur und Nigorigawa-Thermen in der Gifu-Präfektur. Im Jahre 1896 fand REIN (23) ausgezeichnetes Wachstum von Con-fervaceen in Thermalwasser von 59° im Hakonegebirge. Prof. MIYOSHI (17, 18, 19) machte im Jahre 1897 interessante Beobachtungen über die Eisenbakterien in dem Schlamm der Ikao-Eisenthemen bei 41°, 42° und 45,5°, die teils der *Leptothrix ochracea* nahestehende und teils dem *Spirillum ferruginea* ähnliche Formen sind. Die gewöhnlichen Eisenbakterien, z. B. *Crenothrix*, fand er nicht in den von ihm gesammelten Material, dagegen beobachtete er fragmentarisch breitere Zellfäden der *Psichohormium*-Art. In den Yumoto-Schwefelthermen fand er 4 farblose und 5 rote Schwefelbakterien. Unter diesen Bakterien beobachtete er die Chemotaxis von *Chromatium Weisii* und sagte, dass sie durch verdünnte Lösung von Pepton, Schwefelwasserstoff, Ammoniumtartrat, Ammoniumphosphat, Kaliumnitrat u. a. stark angelockt, dagegen durch höhere Konzentrationen dieser Stoffe, sowie durch die spezifischen Eigenschaften gewisser anderer Stoffe abgestossen wird. Im Jahre 1925 berichtete MOLISCH (20) über seine biologischen Studien in heissen Quellen, welche sich über ein Gebiet erstrecken, das im Süden bis Kyûshû und im Norden bis Hokkaidô reicht. Er beobachtete viele Algen-, Diatomeen- und Bakterien-Arten. Die Lebenswelt der japanischen heissen Quellen ist also ziemlich erforscht. Die Mitteilungen von fünf Biologen sind jedoch hauptsächlich dem Gebiete der Systematik entnommen; und mit Ausnahme der Untersuchungen MIYOSHIS, welcher *Chromatium* kultivierte, haben sie keine Organismen kultiviert.

Auf der anderen Seite, wurden die Schwefelbakterien hauptsächlich in dem Kanalwasser, in den Schwefelthermen und auch im Meer gefunden, während eine Gruppe dieser Arten, die den Schwefel aerobisch oxydieren kann nur im Erdboden gefunden wird. Diese Bakterien wurden zuerst von WAKSMAN und seinen Mitarbeitern (33-43), dann von BROWN (5) in Amerika, von JENSEN (14) in Dänemark und vor kurzem von AYYAR und seinen Mitarbeitern (2, 3, 4) in Indien gefunden. Alle diese Forscher kultivierten die Bakterien rein und beobachteten genau die physiologische Tätigkeit derselben.

Wir haben in Japan, wie aus meinen früheren Abhandlungen (9, 10, 11) zu ersehen, 4 derartige Bakterienarten, *Thiobacillus crenatus*, *Th. lobatus*, *Th. thermitanus* und *Th. umbonatus*, gefunden, und ich teile hier über ihre Verbreitung mit.

II. Experimente.

Beim Untersuchen der Physiologie der schwefeloxydierenden Bakterien sammelte ich Materialien der verschiedenen Thermen in Japan, um die Verbreitung derartiger Bakterien zu erforschen. Ich nahm Schlamm aus den Gräben oder den Thermalquellen mit einem durch Alkohol sterilisierten Löffel und füllte ihn in mit Heissluft sterilisierte Gefässe. Da es sehr schwer ist, an Ort und Stelle die H-Ionenkonzentration des Materials zu bestimmen, beobachtete ich dieselbe sofort nach der Rückkehr in das Laboratorium. In den Fällen, wo mir die Materialien von Studienfreunden zur Verfügung gestellt worden waren, verfuhr ich ebenso. Die Materialien wurden zuerst tüchtig durchgeschüttelt und dann in die Kulturflüssigkeit geimpft. Nach Ablauf von 8 bis 10 Tagen bei einer Temperatur von 28° beobachtete ich das Bakterienwachstum und die H-Ionenkonzentration und bestrich Agarplatten mit der Kulturflüssigkeit, wie ich es schon in einer anderen Abhandlung (9) beschrieben habe, um die Reinkultur zu bekommen.

Yumoto-Schwefelthermen bei Nikko, Tochigi-Präfektur.

Diese Thermen liegen im Nordwesten des Nantai-Berges und sind 1500 Meter hoch. Ich besuchte oft die genannten Thermen, wo viele Quellen und Badeorte sich befinden, namens Tsuru-no-yu, Kawara-no-yu, Donsu-no-yu, Ara-yu und Ahiru-no-yu. Nahe bei den zwei letztgenannten Thermen liegt ein Sumpf, an dessen Rande sich milchig-getrübtes Wasser befindet, in dem grüne Flocken von grünen und blauen Algen und pfirsichblütenrote Flocken von Purpurbakterien zu sehen sind. Alle diese Thermen enthalten Schwefelwasserstoff.

Die Organismen sind bereits von Prof. M. MIYOSHI (18) und Prof. H. MOLISCH (20) untersucht und beschrieben worden. Ich beobachtete die Temperaturen und H-Ionenkonzentration im August 1919 und bekam die folgenden Ergebnisse :

Thermen	Temperatur	pH	Thermen	Temperatur	pH
Tsurunoyu	61°	6,6	Sasanoyu	57°	6,6
Kawaranoyu	62°	6,6	Jizaiyu	58°	7,2
Donsunoyu	36°	3,2	Arayu	64,5°	6,8
Nakanoyu	47°	6,6	Ahirunoyu	64,5°	6,8

Ich sammelte folgende drei Materialien :

Nr. 1. Grabenschlamm und Nakanoyu-Thermalwasser (pH=6,6, 47°).

Nr. 2. Arayu-Thermalwasser und schwefelhaltigen Schlamm (pH=6,6, 64,5°).

Nr. 3. Donsunoyu-Thermalwasser und schwefelhaltigen Schlamm (pH=3,2, 36°).

Aus diesen Materialien gelang es mir, *Thiobacillus thermitanus*, *Th. lobatus* und *Th. crenatus* zu isolieren und zu bestätigen, dass die Bazillen dieser Thermen in einer Temperatur von etwa 65° leben.

Suka-Yu, Aomori-Präfektur.

Die Suka-yu-Schwefelthermen liegen in der Nähe des Hakkôda-Berges, etwa 900 Meter hoch. Sie haben klares Wasser, welches nach Schwefelwasserstoff riecht. Es ist sehr merkwürdig, dass in diesen Thermen (60°) nur wenige grüne oder blaue Algen wachsen. Ich sammelte zwei Materialien aus diesen Thermen im August 1927.

Nr. 1. Grabenwasser und Thermalschlamm.

Nr. 2. Schwefelabsatz und Shikanoyu-Thermalwasser.

Aus diesen Materialien konnte ich drei unserer Bakterienarten, *Thiobacillus thermitanus*, *Th. crenatus* und *Th. umbonatus*, isolieren.

Sarukura-Therme, Aomori-Präfektur.

6 km östlich von Suka-yu auf dem Weg nach dem Towada-See, liegt die Sarukura-Schwefeltherme in einer Höhe von 810 Metern. Herr F. OHMACHI übersandte mir im August 1928 freundlichst das Material dieser Therme.

Nr. 1. Schlamm und Thermalwasser (pH=5,4, 60°).

Aus dieser Probe wurde *Thiobacillus thermitanus*, *Th. crenatus* und *Th. lobatus* isoliert.

Tsuta-Therme, Aomori-Präfektur.

7 km südöstlich der Sarukura-Therme liegt die einfache Therme "Tsuta" in einer Höhe von 470 Metern. Das Material dieser Therme verdanke ich ebenfalls Herrn F. OHMACHI, welcher dasselbe im August 1928 gesammelt hat.

Nr. 1. Schlamm und Wasser der Therme (pH=6,8, 48°).

Trotz meiner Bemühungen blieben die Kulturlösungen vollkommen klar, und ich glaube, dass keine schwefeloxydierenden Bakterien in ihnen leben.

Thermen von Hakone, Kanagawa-Präfektur.

Im Hakone-Gebirge gibt es verschiedene Arten von Thermen, einfache, salzige und schwefelhaltige.

Ashino-yu-Thermen.

Diese Schwefelthermen liegen an höchster Stelle unter den 12 Thermen von Hakone, ungefähr 860 Meter. Das Thermalwasser ist etwas trübe und riecht nach Schwefelwasserstoff. Am 25. Dezember 1927 besuchte ich diese Thermen und entnahm dort die Materialien. Grüne oder blaue Algen habe ich nicht gefunden.

Nr. 1. Grabenschlamm mit Schwefelabsatz und Thermalwasser des Kinokuniya-Hotels (pH=7,2, 32°).

Nr. 2. Wie Nr. 1 (pH=7,2, 40°).

Aus diesen beiden Materialien konnte ich zwei Arten, *Thiobacillus thermanus* und *Th. lobatus* isolieren.

Yunohanazawa-Thermen.

Von diesen Schwefelthermen habe ich zweimal Materialien bekommen. Zuerst gelegentlich meines Besuches am 25. Dezember 1927, und später bekam ich die weiteren Materialien von Herrn Y. MOMIYAMA, der mir dieselben freundlichst schickte.

Diese Thermen werden nur wenig zum Baden benutzt; man sammelt hauptsächlich den Schwefelabsatz, „Yunohana“ genannt, um ihn zu verkaufen. Viele kleine mit Schwefelniederschlag versehene Teiche liegen hintereinander, welche dicht mit Stroh ausgelegt sind. Organismen findet man nur in den von der Quellenmündung weit entfernten Teichen, nämlich grüne und blaue Algen.

Nr. 1. Schlamm und Schwefelabsatz des ersten Teiches (pH=2,4, 51°).

Nr. 2. Desgleichen aus dem dritten Teich (pH=2,4, 44°).

Nr. 3. Desgleichen aus dem fünften Teich (pH=2,4, 31°).

Aus diesen drei Materialien isolierte ich drei Arten, *Thiobacillus thermanus*, *Th. lobatus* und *Th. crenatus*.

Am 11. September 1928 wurden von Herrn MOMIYAMA folgende Materialien gesammelt:

Nr. 4. Schlamm der Thermalgraben (pH=2,4, 60°).

Nr. 5. Desgleichen (pH=2,4, 58°).

Nr. 6. Abflusswasser mit Schlamm (1) (pH=2,6, 34°).

Nr. 7. Abflusswasser mit Schlamm (2) (pH=2,3, 43°).

Nr. 8. Thermalwasser des Teiches für Schwefelabsatzsammung (pH=2,3, 46°).

Aus den oben beschriebenen Materialien kultivierte ich drei nach vorheriger Isolierung bekommene Arten.

Owakidani-Thermen.

Bei Gôra befindet sich eine Sulfatara „Owakidani,“ wo nur wenig höhere und niedrigere Organismen wachsen und an vielen Stellen Thermalquellen entspringen. Ich besuchte diese Thermen am 25. Dezember 1927 und sammelte folgende vier Materialien.

Nr. 1. Thermalwasser und Schlamm, Schwefelabsatz (pH=2,4, 68°).

Nr. 2. Thermalwasser, Schlamm und Schwefelabsatz (pH=2,4, 71,5°).

Nr. 3. Durch Ausströmungen vulkanischer Gase schwefelhaltiger Boden (pH=2,4, 30°).

Nr. 4. Boden in der Nähe der Ausströmungen, auf dem sich Schwefelkristalle sublimiert hatten (pH=2,4, 50°).

Diese Materialien scheinen keine farbigen Algen zu enthalten, aber ich konnte drei Arten von schwefeloxydierenden Bakterien isolieren: *Thiobacillus thermanus*, *Th. crenatus* und *Th. lobatus*.

Sengokubara-Therme.

Die Therme Sengokubara liegt in der Nähe von Owakidani. Das Thermalwasser wird der dortigen Therme entnommen und zum Baden benutzt.

Die Materialien wurden mir von Herrn Y. MOMIYAMA freundlichst überlassen, welcher sie am 9. September 1928 sammelte.

Nr. 1. Thermalwasser und Schlamm (1) vom Hotel Hyôsekikaku (pH=4,1, 45°).

Nr. 2. Thermalwasser und Schlamm (2) vom Hotel Hyôsekikaku (pH=4,1, 45°).

Nr. 3. Thermalwasser und Schlamm (3) vom Hotel Hyôsekikaku (pH=4,1, 45°).

In diesen Materialien wurden zwei Thiobacillusarten gefunden: *Th. thermanus* und *Th. crenatus*.

Ubako-Thermen.

Die Ubako-Thermen sind Salzthermen. Ich bekam aus ihnen das Versuchsmaterial von Herrn MOMIYAMA.

Nr. 1. Thermalwasser, einer aus dem Felsenspalt hervorspringenden Quelle entnommen (pH=6,0, 35°).

Anscheinend keine schwefeloxydierenden Bakterien enthaltend, denn ich konnte keine isolieren; aber eine andere Art, wahrscheinlich eine Thionsäurebakterie, konnte isoliert werden.

Sokokura-Therme.

Diese Therme ist eine Salztherme. Die Materialien derselben wurden am 9. September 1928 von Herrn Y. MOMIYAMA gesammelt und mir geschickt.

Nr. 1. Hotelquelle Nr. 1. (pH=7,6, 47°).

Nr. 2. Hotelquelle Nr. 2. (pH=7,6, 47°).

In dem letzteren Material sind viele Cyanophyceen vorhanden. Doch konnte ich keine unserer bekannten Bakterien in diesen Materialien finden, und die Kulturlösungen blieben immer klar. Das Kulturergebnis war negativ.

Akakura-Therme, Niigata-Präfektur.

Am 30. Dezember 1927 sandte mir Herr S. SAKAKIBARA freundlichst die von ihm gesammelten Materialien. Makroskopisch konnte ich keine Organismen bemerken.

Nr. 1. Grabenwasser und Schlamm.

Nr. 2. Abflusswasser der Bäder.

Aus diesen alkalischen Schwefelthermen (60°) bekam ich nur eine Art, nämlich *Thiobacillus thermitanus*.

Tsubame-Therme, Niigata-Präfektur.

Die Schwefeltherme Tsubame (42–48°) liegt bei Akakura. Am 28. Dezember 1927 sammelte Herr K. HONDA die Materialien und überliess sie mir freundlichst für meine Untersuchungen.

Nr. 1. Grabenwasser und Schlamm aus der Quellenmündung.

Nr. 2. Grabenwasser und Schlamm.

Aus diesem Gemisch isolierte ich *Thiobacillus thermitanus* und *Th. lobatus*.

Numajiri-Therme, Fukushima-Präfektur.

Herr T. HIDA sammelte ein Gemisch der Numajiri-Schwefeltherme und schickte es mir freundlichst im Januar 1928.

Nr. 1. Grabenwasser mit Schlamm und Schwefelabsatz (pH=2,2, 36°).

Aus diesem Material isolierte ich *Thiobacillus thermitanus*, *Th. lobatus* und *Th. umbonatus*.

Nakanosawa-Therme, Fukushima-Präfektur.

Diese Therme kommt aus den gleichen Quellen wie die Numajiri-Therme und wird durch Holzzöhrn in das Bad geleitet. Das Material

verdanke ich Herrn T. HIDA, welcher dasselbe am 6. Januar 1928 sammelte und mir zur Verfügung stellte.

Nr. 1. Thermalwasser mit Gemisch von Absatz und Cyanophyceen (pH=2,5, 36,2°).

Ich konnte aus diesem Material *Thiobacillus thermitanus*, *Th. crenatus* und *Th. lobatus* isolieren.

Takatama-Therme, Fukushima-Präfektur.

Diese Therme entspringt direkt einem Felsen, auf welchem viele Algenarten wachsen. Herr T. HIDA sammelte das Material und schickte es mir im Januar 1928.

Nr. 1. Thermalwasser vermischt mit vielen Algenarten.

Ich konnte daraus drei Bakterienarten isolieren: *Thiobacillus thermitanus*, *Th. lobatus* und *Th. crenatus*.

Nasu-Thermen, Tochigi-Präfektur.

In der Gegend des Nasu-Berges, eines aktiven Vulkans, befinden sich viele verschiedene Thermen. Ich besuchte im Juni 1928 die Nasu-Yumoto-, Takaomata-, Gohôzen-, Benten-, Daimaru-, Iimori- und Sando-goya-Thermen. Die drei erstgenannten Thermen sind Schwefel-, die anderen einfache Thermen. Unter diesen Thermen wurden einige von Prof. H. MOLISCH (20) im Jahre 1924 untersucht.

Yumoto-Thermen.

Unter den Nasu-Thermen entspringen die Yumoto-Thermen an niedrigster Stelle in einer Höhe von 750 Metern. Ich konnte keine Algen oder fadenartigen Schwefelbakterien in ihnen bemerken. Die Materialien wurden am 8. Juni 1928 gesammelt.

Nr. 1. Schwefelabsatz und Thermalwasser aus einem hölzernen Leitungsröhr (pH=2,2, 75°).

Nr. 2. Schwefelabsatz und Thermalwasser aus einem hölzernen Leitungsröhr (pH=2,3, 83°).

Nr. 3. Gemisch von Schwefel und Boden zwischen zwei Leitungsröhren (pH=2,5, 31°).

Nr. 4. Thermalwasser und Absatz der Quellen (pH=2,3, 49°).

Aus diesen Materialien konnte ich *Thiobacillus thermitanus* und *Th. lobatus* isolieren.

Nr. 5. Thermalwasser und Schwefelabsatz (pH=2,2, 75°).

Dieses Material schickte mir Herr Prof. H. HATTORI freundlichst am 6. September 1928. Ich konnte aus diesem nur *Thiobacillus thermitanus* bestätigen.

Ich habe in „Sainokawara“ bei Yumoto einen Erguss von Sulfidgasen besucht, woraus sogenannte „Yunohana“, eine hauptsächlich aus Aluminiumsulfat bestehende Substanz auskristalisiert wird. In einem noch höher gelegenen Ort bei Sesshōseki fand ich eine fließende Quelle, die SO_3 , SH_2 , Fe und Al enthält. Ich nahm aus diesen beiden die Materialien:

Nr. 6. Brunnenwasser und Bodensatz des Sesshōseki-Brunnen (pH = 2,3, 17°).

Nr. 7. Sainokawara-Boden und „Yunohana“ (pH = 2,6, 32°).

Nr. 8. Sainokawara-Boden und „Yunohana“ (pH = 2,4, 32°).

Aus diesen Materialien stellte ich fest, dass in dem Gemisch Nr. 6 vier Bakterienarten, nämlich *Th. thermitanus*, *Th. crenatus*, *Th. lobatus* und *Th. umbonatus*, und in dem Gemisch Nr. 7 und 8 zwei Arten: *Th. thermitanus* und *Th. crenatus* leben.

Takaomata-Therme.

Diese Therme liegt ungefähr 2 km von Yumoto entfernt, etwa 1000 Meter hoch. Am 9. Juni 1928 besuchte ich dieselbe und sammelte das Material. In dieser Schwefeltherme wachsen grüne und blaue Algen wie auch farbige Schwefelbakterien sehr üppig und viele der Brunnen sind mit grünen Flocken dieser Organismen bedeckt.

Nr. 1. Thermalwasser und viele Algen enthaltender Schwefelabsatz (pH = 6,0, 31°).

Nr. 2. Thermalwasser, Schwefelabsatz und wahrscheinlich Purpurbakterien, kleine *Chromatium* oder Rhodobazillen enthaltend (pH = 6,0, 35°).

Aus diesen Proben bestätigte ich drei Thiobacillusarten: *Th. thermitanus*, *Th. crenatus* und *Th. lobatus*.

Benten-Therme.

Diese Therme liegt etwa 1200 Meter hoch. Die Quelle kommt unter einer überhängenden Felsenwand hervor. Die Organismen der Benten-Therme wurden bereits von Prof. H. MOLISCH (20) untersucht. Er hat in dieser Therme *Beggiatoa*-, *Oscillatoria*-, *Phormidium*- und *Spirogyra*-Arten, sowie auch Diatomeen gefunden. Ich besuchte sie am 8. Juni 1928.

Nr. 1. Boden der Quellenmündung mit Thermalwasser (pH = 7,0, 42°).

Ich konnte keine schwefeloxydierenden Bakterien kultivieren; es scheinen in dieser Therme derartige Bakterien nicht zu leben.

Daimaru-Thermen.

Diese Thermen liegen etwas höher als die Benten-Therme (1300 Meter hoch) und werden als einfache Thermen bezeichnet. Der Thermalwasser-Brunnen befindet sich auf einem Felsen, auf welchem grüne Flocken verschiedener Algen üppig wachsen; die ganze Oberfläche desselben scheint wie mit einem grünen Teppich bedeckt. Diese Thermen, wie auch die vorigen, wurden von Prof. H. MOLISCH (20) besucht zwecks Untersuchung der Organismen. Ich sammelte dort das Material am 10. Juni 1928.

Nr. 1. Thermalwasser und Gemisch verschiedener Algen ($\text{pH}=7,3$, 50°).

Schwefeloxydierende Bakterien wurden in diesem Material nicht kultiviert.

Sandogoya-Therme.

Diese Therme liegt 1460 Meter hoch an der nordwestlichen Seite von Nasu-Dake, etwa 8 km. entfernt von Daimaru. Die Hauptbestandteile der Quelle sind Na_2SO_4 , MgCO_3 , SiO_2 , etwas Eisen, Aluminium usw. Ich besuchte sie am 9. Juni 1928 und fand bei der Untersuchung dieser Quelle keine besonderen Organismen.

Nr. 1. Boden der Quellenmündung und Thermalwasser ($\text{pH}=6,4$, 55°).

Es gelang mir nicht, schwefeloxydierende Bakterien zu züchten.

Gohôzen-Therme.

Etwa 1500 Meter hoch, am nordwestlichen Abhang des Berges Nasu, entspringt die Gohôzen Therme. Diese riecht sehr stark nach Schwefelwasserstoffgas; schon von weitem kann man das Vorhandensein der Schwefeltherme erkennen. Die Quelle fließt steil über einen mit kleinen Steinen bedeckten Abhang. Es ist sehr schwer zu ihr zu gelangen, und deshalb ist sie zum Baden unbrauchbar. In den am 9. Juni 1928 gesammelten Materialien wurden keine besonderen Organismen bemerkt.

Nr. 1. Thermalwasser und Felsenstein mit Schwefelabsatz ($\text{pH}=2,8$, $35,5^\circ$).

Nr. 2. Thermalwasser mit Schwefelabsatz ($\text{pH}=2,8$, 41°).

Nr. 3. Thermalwasser und Schwefelabsatz ($\text{pH}=2,8$, 42°).

Aus diesen Thermalquellen isolierte ich drei schwefeloxydierende Bakterien, nämlich: *Thiobacillus thermitanus*, *Th. crenatus* und *Th. lobatus*.

Iimori-Therme.

Die Hauptquelle der Iimori-Therme fließt aus einem Felsen heraus, neben vielen kleinen Thermen, welche aus abhängenden Felsen hervorkommen. Ein üppiges Wachstum von grünen und blauen Algenarten bedeckt die Oberfläche des Felsens wie mit einem Teppich. Ich besuchte diese Therme am 9. Juni 1928.

Nr. 1. Thermalwasser der Mündung, Gemisch von Cyanophyceen (pH=6,4, 49°).

Trotz meiner Bemühungen und Kulturversuche konnte ich keine von unseren Bakterien isolieren; diese Therme scheint also unbewohnt zu sein.

Erdboden des Kraters von Nasu-Dake.

Auf dem Gipfel des aktiven Vulkans, Nasu-Dake (1917 Meter hoch), gibt es viele Gasergüsse, aus denen man Schwefel sammelt. Ich sammelte das Material aus einem Erguss, dabei unangenehm von den stickigen Ausströmungen des Gases belästigt.

Nr. 1. Gemisch von Schwefel und Erdboden des Ergusses (pH=2,3, 36°).

Thiobacillus thermitanus und *Th. lobatus* konnten aus dem Material gezüchtet werden.

In der Nähe der Benten-Therme befindet sich ein kleines Schwefellagerhaus. Bei meinem Besuch dort am 8. Juni 1928 fand ich, dass in der Umgebung dieses Hauses der Erdboden mit verstreutem Schwefel vermischt war. Ich entnahm diesem Material eine Probe, deren pH-Wert ungefähr 3,1 war. In diesem Material lebten *Thiobacillus thermitanus* und *Th. umbonatus*.

Bessho-Thermen, Nagano-Präfektur.

Die Quellenmündung der Therme von Bessho konnte ich nicht beobachten, weil sie zu versteckt liegt. Ich nahm daher die Materialien aus dem Abwässerungsgraben und einer seitwärts aus dem Brunnen herauskommenden Therme am 24. August 1928.

Nr. 1. Abflusswasser der Hotelquelle (pH=6,6, 40°).

Nr. 2. Thermalwasser des kleinen Brunnens (pH=6,6, 18°).

Im ersten Material befanden sich viele Cyanophyceen. Aus diesen Materialien isolierte ich vier Arten schwefeloxydierende Bakterien: *Thiobacillus thermitanus*, *Th. crenatus*, *Th. lobatus* und *Th. umbonatus*.

Tazawa-Therme, Nagano-Präfektur.

Auch diese Quellschlammung konnte ich nicht beobachten. Ich sammelte am 24 August 1928 aus den Thermalquellen des Hotelgartens das Material. Dieses Wasser riecht intensiv nach Schwefelwasserstoff, doch konnte ich weder Algen noch Schwefelbakterien in demselben bemerken.

Nr. 1. Schlamm und Thermalwasser einer Hotelquelle (pH=6,8, 23,5°).

Nr. 2. Schlamm und Thermalwasser (pH=6,8, 21°).

Aus diesen Proben konnte ich schwefeloxydierende Bakterien isolieren und zwar *Thiobacillus thermanus*, *Th. crenatus* und *Th. umbonatus*.

Tokura-Therme, Nagano-Präfektur.

Ich besuchte diese Therme am 25. August 1928. Die Menge dieses Thermalwassers ist zu gering, um als Bad benutzt werden zu können; man muss es aus der Tiefe heraufpumpen. Aus diesem Grund konnte ich nicht direkt die Materialien aus dieser Quelle entnehmen.

Nr. 1. Quellwasser aus einer angebohrten Öffnung des Grundwassers (pH=6,7, 47°).

Nr. 2. Abflusswasser der Hoteltherme (pH=6,7, 32°).

Die beiden Materialien riechen nach Schwefelwasserstoff, enthalten jedoch keine makroskopischen Organismen. Aus diesen Thermalquellen konnte ich nur *Thiobacillus thermanus* züchten.

Kamiamada-Therme, Nagano-Präfektur.

Diese Therme liegt nahe bei den Tokura-Thermen, und wie bei ihnen so wird auch hier das Thermalwasser durch eine Pumpe heraufbefördert. Ich nahm das Material am 25. August 1928.

Nr. 1. Absatz von Takiniyu (pH=5,6, 44°).

Ich konnte nur eine Art, *Thiobacillus thermanus* züchten.

Nozawa-Thermen, Nagano-Präfektur.

Ich besuchte diese Thermen am 26. August 1928. Sie liegen 11 km nordwestlich vom Bahnhof Kijima, an der rechten Seite des Chikuma-Flusses, ungefähr 300 Meter hoch. Von vier Thermalquellen untersuchte ich zwei, nämlich die Magama- und Shinyu-Thermen. Die Magama-Thermen entspringen an 2 oder 3 Plätzen und sind so heiss, dass man in einigen Minuten Gemüse in diesen Thermen kochen kann. Das Wasser hat etwas Schwefelwasserstoffgeruch. Die Shinyu-Thermen liegen etwas entfernt von den Magama-Thermen und sind als Schwefelthermen bekannt.

Nr. 1. Bodenschlamm der Bächlein einer Magama-Therme (pH=7,0, 86°).

Nr. 2. Schlamm und Thermalwasser der Magama-Therme (pH=6,0, 79°).

Nr. 3. Schwefelabsatz und Thermalwasser von Shinyu (pH=6,6, 44°).

Nr. 4. Schlamm aus Abwässerungsgraben und Thermalwasser (pH=6,6, 44°).

Drei von diesen Materialien, welche ich in den Nozawa-Thermen gesammelt hatte, trübten die Kulturflüssigkeit, nur Nr. 1 blieb bei allen Versuchen klar, und es bestätigte sich, dass keine unserer schwefeloxydierenden Bakterien in so heissem Wasser wie 86° leben können. Dagegen konnte ich aus den drei Materialien (Nr. 2, 3 und 4) *Thiobacillus thermanus* und *Th. crenatus* isolieren.

Yamanouchi-Thermen, Nagano-Präfektur.

Wir bezeichnen 8 Thermen zusammen mit dem Namen Yamanouchi-Thermen. Die einzelnen Namen derselben sind: Yutanaka, Shibu, Kambayashi, Kakuma, Hoppo, Kumanoyu und Jigokudani. Alle sind Salzthermen mit Ausnahme der Schwefeltherme Kumanoyu.

Shibu-Therme.

Ich besuchte diese Therme am 27. August 1928. Der eisenhaltige Schlamm dieser Therme ist etwas bitter.

Nr. 1. Schlamm und Thermalwässer der Hotelquelle.

Aus dieser Quelle konnte ich keine schwefeloxydierenden Bakterien isolieren, die geimpften Kulturflüssigkeiten blieben bei allen Versuchen klar.

Kumanoyu-Thermen.

Diese Thermen enthalten hauptsächlich CaSO_4 , CaCO_3 , MgCO_3 , SH_2 usw.* Ich entnahm die Proben am 28. August 1928.

Nr. 1. Quellwasser der ersten Badewanne (pH=4,4, 50°).

Nr. 2. Quellwasser der zweiten Badewanne (pH=6,6, 44°).

Nr. 3. Abflusswasser der dritten Badewanne mit Schlamm (pH=4,4, 18°).

*) Es gibt keine Analysenliste der genauen chemischen Bestandteile der Thermen, und so kennen wir nur die folgenden Ergebnisse, die durch Analyse des festen Schwefelabsatzes der Therme von B. TANAKA gefunden wurden. Wassergehalt 1,72, Kalziumsulfat 0,29, Kalziumkarbonat 73,09, Magnesiumkarbonat 0,49, Eisenhydroxyd 3,27, Schwefel 21,14%.

In allen diesen Wässern wachsen keine bemerkenswerten Organismen. Drei schwefeloxydierende Bakterien: *Thiobacillus thermitanus*, *Th. crenatus* und *Th. lobatus* konnten gezüchtet werden.

Nigorigawa-Therme, Nagano-Präfektur.

Herr K. OKUBO schickte mir freundlichst die Materialien aus dieser Therme im Oktober 1928.

Nr. 1. Schlamm und Thermalwasser (pH=6,5, 42°).

Nr. 2. Schlamm und Abflusswasser (pH=6,5, 32°).

Die Proben zeigten leider, dass unsere Bakterien nicht lebten, und die Kulturlösungen klar blieben. Das Ergebniss war negativ.

Teichwasser und Thermalquelle des Berges Shirane,
Gumma Präfektur.

Der Berg Shirane ist ein Vulkan, ungefähr 2100 Meter hoch, noch hin und wieder in Tätigkeit mit wenig Ausströmung. Auf diesem Berg befindet sich ein mit Wasser gefüllter Krater, der einen warmen Teich bildet. Auch an dem Abhang des Berges entspringen einige Thermen. Neue Thermalquellen entstehen besonders durch Ausströmungen aus dem Vulkan. Das Wasser derartiger Quellen reagiert stark sauer und enthält Alaun und Sulfate. Ich besuchte diesen Ort am 28. August 1928.

Nr. 1. Thermalwasser und Erde einer vor kurzem durch Ausströmung entstandenen Therme (pH=2,8, 53°).

Nr. 2. Wasser und Schlamm des auf dem Gipfel vorhandenen Teiches (pH=2,8, 15°).

Aus diesen Materialien züchtete ich nur *Thiobacillus thermitanus*. Andere Arten konnte ich nicht isolieren.

Manza-Thermen, Gumma-Präfektur.

Diese Thermen liegen westlich von dem Berg-Shirane, südöstlich am Fusse des Berges Manza, 1650 Meter hoch. Wir haben dort etwa 5 Thermalquellen, und alle sind Schwefelthermen. Die Hauptquelle fliesst mit einer ungeheueren Wassermenge, sodass man einige grosse und tiefe Teiche für die Schwefelabsatzsammlung anlegen konnte. Ich besuchte diese Thermen am 28. August 1928. In dieser Gegend bemerkte ich weder grüne noch blaue Algen.

Nr. 1. Schwefelabsatz mit Thermalwasser „Nigayu“ (pH=2,4, 74°).

Nr. 2. Schwefelabsatz und Teichwasser der Schwefelsammlung von „Ubayu“ (pH=2,3, 72°).

Nr. 3. Thermalwasser von „Ubayu“ und Schwefelschlamm (pH=

2,4, 77°).

Nr. 4. Abflusswasser und Schwefelabsatz von „Ubayu“-Bad (pH=2,3, 67°).

Nr. 5. Schwefelabsatz und Thermalwasser der Quellmündung von „Tetsuyu“ (pH=2, 8, 80°).

Nr. 6. Thermalwasser und Schlamm von „Hokkôyu“ (pH=2,8, 70,5°).

Aus diesen sechs Versuchsmaterialien isolierte ich vier Arten: *Thiobacillus thermitanus*, *Th. crenatus*, *Th. lobatus* und *Th. umbonatus*.

Ich sammelte ferner ein Gemisch von Erdboden und Schwefel (getrockneten Schwefelabsatz der Therme) bei „Tetsuyu“

Nr. 7. Gemisch von Schwefel und Erdboden (pH=2,2).

In dieser Probe konnte ich keine besonderen Organismen entdecken.

In den Kulturversuchen fand ich *Thiobacillus thermitanus*.

Kusatsu-Thermen, Gumma-Präfektur.

Die Kusatsu-Thermen liegen 1160 Meter hoch und sind berühmt als „Zeit-Bad“, d. h.: da die Temperatur des Wassers sehr hoch ist (56–64°), kann man ein Bad in diesem heissen Wasser nicht ohne Abkühlung ertragen und dasselbe nur in begrenzter Zeitdauer unter Leitung des „Badedirektors“ nehmen. Ich besuchte diese Thermen am 29. August 1928 und sammelte die Materialien. Trotzdem in den Thermen viele Cyanophyceen und Chlorophyceen einen schönen Teppich bilden, enthielten meine Proben keine derartigen Organismen.

Nr. 1. Schwefelhaltiger Schlamm und Thermalwasser der Hotelquelle, der „Zizôyu“ Therme entnommen (pH=1,8, 58°).

Nr. 2. Schwefelhaltiger Schlamm und Abflusswasser der Hotelquelle wie oben (pH=1,4, 48°).

Wir haben nahe bei Kusatsu eine Sulfatara, namens „Sainokawara“, wo viele saure Alaun-Vitriolquellen an verschiedenen Stellen entspringen. In diesem Gebiete sammelte ich die Proben.

Nr. 3. Schwefelabsatz und Thermalwasser von „Sainokawara“ (pH=1,6, 45°).

Nr. 4. Schwefelabsatz und Thermalwasser von „Sainokawara“ (pH=2,0, 40°).

Aus diesen vier Materialien der Kusatsu-Thermen konnte ich vier schwefeloxydierende Bakterien züchten: *Thiobacillus thermitanus*, *Th. crenatus*, *Th. lobatus* und *Th. umbonatus*.

Kawaranoyu-Thermen, Gumma-Präfektur.

18 Kilometer östlich von Kusatsu und 600 Meter hoch an dem Azuma-

Fluss finden wir die genannten Thermen. Die Hauptquelle ist klar und hat etwas Schwefelwasserstoffgeruch. Ich besuchte sie am 30. August 1928.

Nr. 1. Hauptquellwasser und Absatz (pH=6,8, 70°). An der Strömung wachsen *Marchantia*-Arten usw.

Nr. 2. „Menoyu“ mit Absatz. (pH=5,4, 45°). Die Wassermenge dieser Therme ist sehr gering, nur ein kleiner Behälter ist damit gefüllt.

In diesen Materialien leben *Thiobacillus thermitanus*, *Th. lobatus* und *Th. crenatus*, welche ich züchten konnte.

Sawatari-Thermen, Gumma-Präfektur.

Diese Thermen liegen 9 km nordwestlich von Nakanjô und 580 Meter hoch. Diese Quellen werden als Schwefelthermen bezeichnet. Ich besuchte sie und sammelte die Materialien am 30. August 1928.

Nr. 1. Thermalwasser mit Schlamm aus der ersten Quelle (pH=5,6, 52°).

Nr. 2. Thermalwasser der zweiten Quelle (pH=6,6, 50°).

Nr. 3. Thermalwasser und Schlamm der dritten Quelle (pH=4,6, 53°).

Aus diesen Versuchsmaterialien konnte ich zwei Arten: *Thiobacillus thermitanus* und *Th. crenatus* züchten.

Beppu-Thermen, Oita-Präfektur.

Wir haben in Beppu sehr viele Thermalquellen, und die in diesen Quellen lebenden Organismen wurden bereits von Prof. H. MOLISCH (20) während seines Aufenthaltes in Japan untersucht. Herr S. INARIYAMA schickte mir freundlichst die Materialien aus einigen dieser Beppu-Thermen im August 1928. Aus diesen Proben konnte ich unsere Bakterien züchten.

Nr. 1. Schlamm und milchig-brodelndes Wasser von Hachiman-Zigoku (Geiser) (pH=6,8, 99.5° (nach MOLISCH)).

Nr. 2. Schlamm von Hachiman-Zigoku (pH=6,8, 76°).

Nr. 3. Wasser und Schlamm der Therme beim Beppu-Park (pH=6,6, 41°).

Nr. 4. Schlamm und Wasser der Asami-Therme, Beppu (pH=7,6, 41°).

Nr. 5. Schlamm und Wasser der Asami-Therme. Beppu (pH=7,6, 41°).

Unter diesen fünf Materialien konnte ich nur aus Nr. 2 bis 5 unsere *Thiobacillus thermitanus* und *Th. lobatus* bestätigen, andere schwefeloxydierende Bakterien waren nicht vorhanden. Besonders Nr. 1 zeigte sich vollkommen klar in den Kulturlösungen.

Yoshioka-Thermen, Tottori-Präfektur.

Herr T. FUKUSHI sandte mir freundlichst Versuchsproben im Oktober 1928. Dieses Thermalwasser weist Schwefelwasserstoffgeruch auf und wurde als Schwefeltherme klassifiziert.

Nr. 1. Thermalwasser und Schlamm von Shimonoyu (pH=7,1, 39°).

Nr. 2. Thermalwasser und Schlamm von Shimonoyu (pH=7,1, 39°).

Es ist eine merkwürdige Tatsache, dass in dieser Schwefeltherme keine schwefeloxydierenden Bakterien leben. Dies ist eine Ausnahme in meinen bisherigen Erfahrungen.

Yebisu-Therme, Tottori, Präfektur.

Diese Materialien verdanke ich Herrn T. FUKUSHI, welcher sie mir freundlichst im Oktober 1928 sandte.

Nr. 1. Rotbrauner Schlamm und Thermalwasser (pH=7,0, 26,5°).

Nr. 2. Thermalwasser (pH=7,0, 26,5°),

Das Ergebnis war leider negativ.

Unsen-Thermen, Nagasaki-Präfektur.

Diese Schwefelthermen liegen auf der Halbinsel Shimabara in einer Höhe von 700 Metern. Es gibt dort zwei Hauptquellen, „Furuyu“ (Alte-Quelle) und „Shinyu“ (Neue-Quelle) und einige Auströmungen vulkanischer Gase. Die Materialien wurden mir freundlichst von Herrn H. KOJIMA* im November 1928 zur Verfügung gestellt.

Nr. 1. Absatz und Thermalwasser von „Shinyu“ (pH=2,5, 43°).

Nr. 2. Schlamm und Wasser bei „Kyōkan-Jigoku“ (pH=2,1, 32°).

Nr. 3. Schlamm und Wasser von „Seishichi-Jigoku“ (pH=2,2, 47°).

Ich konnte keine farbigen oder fadenartigen Organismen in diesen Proben bemerken. Durch Isolierung nahm ich wahr, dass *Thiobacillus*

*) Herr H. KOJIMA hat mir freundlicherweise brieflich folgendes mitgeteilt: Unter den Unsen-Thermen finden wir 2 Thermen, namens Furuyu und Shinyu, entstanden durch Ausströmung vulkanischen Gases aus dem sogenannten Jigoku-dani, 1 km entfernt von beiden Thermen. Die Materialien entstammen hauptsächlich der Shinyu-Quellengruppe. Die Kyōkan-Jigoku-Therme ist ebenfalls eine Ausströmung vulkanischen Gases nahe bei der Shinyu-Therme. Sie besitzt nur eine geringe Wassermenge, welche sich in einem kleinen Graben angesammelt hat. Seishichi-Jigoku ist auch eine Ausströmung, welche zwischen den Shinyu und Furuyu-Thermen liegt. Diese Ausströmung fließt als ein kleiner Strom, welcher stärker als die vorigen nach Schwefelwasserstoff riecht.

thermitanus, *Th. crenatus*, *Th. lobatus* und *Th. umbonatus* in obenerwähnten Thermen leben. Was speziell die Bakterien anbetrifft, so müssen wir bemerken, dass in der „Shinyu“-Therme nur eine einzige Art lebt, nämlich *Th. thermitanus*, während in der anderen Quelle alle vier Arten vertreten sind.

Noboribetsu-Thermen, Hokkaido.

Herr H. HARA schickte mir im August 1928 freundlichst die Materialien aus den Noboribetsu-Schwefelthermen. Diese Badeorte liegen etwa 200 Meter hoch. In ihrer Nähe befindet sich ein vulkanischer Krater namens Jigokudani, der mit seinen allorts ausströmenden Schwefeldämpfen einen grossartigen Anblick gewährt. Manche Thermen sind reich an freier Schwefelsäure, manche an Natriumchlorid, nicht wenige an Alaun und anderen schwefelsauren Salzen.

Nr. 1. Schwefelschlamm und Thermalwasser von Jigokudani (pH=2,8, ca. 65°).

Nr. 2. Schwefelschlamm und Thermalwasser von Jigokudani (pH=3,0, 40°).

Aus den Materialien bestätigte sich, dass in diesen Schwefel- und Alaunthermen *Thiobacillus thermitanus*, *Th. lobatus* und *Th. umbonatus* leben.

Kawayu-Therme, Hokkaido.*

Die Kawayu-Therme liegt etwa 100 km nördlich von Kusiro. Als Herr H. HARA diese sehr abgelegene Therme besuchte, schickte er mir freundlichst im August 1931 das Material, welches nach Schwefelwasserstoff roch.

Nr. 1. Gemisch von kleinen Steinen, Schwefelabsatz und Thermalwasser (pH=2,6, 65°).

In diesem Material befinden sich zahllose einzellige sowie auch fadenartige Cyanophyceae, und nach meinem Kulturversuch stellte ich fest, dass in dieser Therme zwei Arten unserer schwefeloxydierenden Bakterien, *Thiobacillus thermitanus* und *Th. crenatus*, leben.

*) Da der alte Name „Yukawa-Therme“ ähnlich dem der „Yunokawa-Therme“ bei Hakodate ist, änderte man vor kurzem den Namen wie oben, um Verwechslungen zu vermeiden. Die chemischen Bestandteile dieser Therme nach dem Ergebnis von Untersuchungen der geologischen Abteilung unseres Handels- und Industrieministeriums sind folgende: Kieselsäure 22,64; Eisenoxyd 10,08; Aluminium 20,44; Mangan 1,52; Kalzium 19,05; Magnesium 4,74; Kalium 12,02; Natrium 63,92; Ammonium 0,25; Chlor 114,14; Schwefelsäure (SO₃) 281,25; Kohlensäure 0 in 100000 Teilen (26).

Erdboden des Kraters von Esan, Hokkaido.

Der aktive Vulkan Esan liegt in der Nähe des Esan-Kaps, etwa 42 km östlich von Hakodate, und ist 620 Meter hoch. Aus dem Krater dieses Vulkans sammelte Herr H. HARA das Material und sandte es mir freundlichst im August 1931.

Nr. 1. Gemisch von Schwefel und Erdboden des Kraters (pH=3,9).

Das Material besteht aus fester Schwefelmasse und grauweissen kleinen und grossen Steinen; ich fand viele einzellige Cyanophyceae zusammengemischt.

Nach meinen Kulturversuchen war es mir möglich, aus diesem Material unsere Bakterien *Thiobacillus thermanus* und *Th. crenatus* zu züchten.

Rendaiji-Therme, Shizuoka-Präfektur.

Auf der Halbinsel Izu befinden sich viele Thermen, u. a. die von Atami, Ito, Yatsu, Rendaiji, Kawachi, Yugano, Shuzenji, Yugashima. Das Material von Rendaiji, wo eine salzige Therme ist, wurde mir von H. HARA freundlichst im April 1931 zugesandt.

Nr. 1. Bodenabsatz und Thermalwasser.

Trotz meiner Bemühung gelang es mir nicht unsere Bakterien zu züchten.

Die Kulturflüssigkeiten sind vollkommen klar. Das Ergebnis war leider negativ.

Yuhara-Quelle, Akita-Präfektur.

Diese Quelle entspringt bei Yusawa-Machi. Man braucht das Wasser zum Bade nach Erwärmung desselben.

Nr. 1. Schlamm und Quellwasser (etwa 25°).

Dieses Material wurde mir von Herrn Y. SATAKE freundlichst geschickt, aber das Resultat war negativ.

Nigorigawa-Quelle bei Chinoike auf dem Asama-Berg, Nagano-Präfektur.

Herr T. KONDO sammelte und schickte mir im Juli 1928 freundlicherweise das Material aus genannter Quelle, welche etwa 1500 Meter hoch auf dem Asama-Berg liegt und Schwefelwasserstoffgeruch besitzt.

Nr. 1. Quellwasser und Schlamm mit reichen Eisenniederschlägen.

Nach gewöhnlicher Kultur konnte ich zwei unserer Bakterienarten, *Thiobacillus thermanus* und *Th. umbonatus* isolieren.

Akadake-Quelle auf dem Yatsugatake-Berg,
Nagano-Präfektur.

Herr T. KONDO sandte mir freundlichst die Materialien aus der Akadake-Quelle, deren Wasser man vor dem Baden erwärmt.

Nr. 1. Schlamm und Quellwasser der Mündung (pH=4,4, 58°).

Nr. 2. Abflusswasser und Schlamm der Badeanstalt (pH=5,6, ca. 25°).

Beide Proben riechen nach Schwefelwasserstoff und ich konnte *Thiobacillus thermanus* und *Th. crenatus* aus ihnen isolieren.

Wir haben aus etwa 50 Thermen über hundert Proben geprüft. Es ist unnötig zu erklären, dass unsere schwefeloxydierenden Bakterien nur in Schwefelthermen existieren, allenfalls auch in einfachen oder salzigen Thermen, welche Schwefelwasserstoff enthalten. Dagegen konnten derartige Bakterien in Thermen oder Quellen, die keinen Schwefelwasserstoff enthalten, nicht isoliert werden. In einem Gemisch von Schwefel und Erdboden ist das Vorhandensein von schwefeloxydierenden Bakterien bestätigt, wie auch die bisherigen Forscher bereits erklärt haben. Was den Einfluss der Temperatur der Thermalquellen auf das Leben der Bakterien anbetrifft, haben wir folgendes Ergebnis festgestellt. In der Natur wurden diese Bakterien in Thermen mit einer Temperatur von etwa 80° gefunden, bei 86° dagegen nicht.

Wir fügen hier eine Liste der von uns untersuchten Ergebnisse wie folgt bei (Tabelle 1).

Diese Untersuchungen führte ich im Tokugawa Institut aus. Herrn Marquis Dr. YOSHICHIKA TOKUGAWA, dem Inhaber des Institutes, und Herrn Prof. Dr. H. HATTORI, dem Direktor des Institutes, spreche ich an dieser Stelle für die in lebenswürdiger Weise gewährte Unterstützung meinen ergebensten und verbindlichsten Dank aus. Desgleichen danke ich auch meinen Freunden herzlichst für die mir erwiesene Freunlichkeit durch gütige Überlassung von Versuchsmaterialien.

Biologische Abteilung der Adelsschule,
Mejiro-Machi, Tokyo.

Literatur.

1. 青森縣警察部衛生課 (Hygienische Abteilung der Präfekturbehörden von Aomori): 青森縣温泉誌 (Die Thermen der Aomori-Präfektur). 大正九年 (1920).
2. AYYAR, C. V. R.: A sulphur oxidizing organism from activated sludge. Journ. Indian Inst. Sc., 12 A, 1929, 278.

Tabelle 1. Verbreitung der schwefeloxydierenden Bakterien in den Thermen Japans.

Präfektur	Name der Therme	Art der Therme	H ₂ S	Tem- pera- tur (C°)	pH	<i>Th. thermi- tannus</i>	<i>Th. crena- tus</i>	<i>Th. lobatus</i>	<i>Th. umbo- natus</i>
Hokkaido	Noboribetsu, Jigokudani Kawayu	Schwefel "	+ +	60 65	5,4 2,6	+ +	- +	+ -	+ -
	Sukayu Sarukura Tsuta	" " Einfach	+ + -	60° 48	5,4 6,8	+ + -	+ + -	- - -	+ - -
Fukushima	Numajiri Nakanosawa Takatama	Schwefel " Salz	+ + +	36 36 31	2,2 2,2	+ + +	- + +	+ + +	+ - +
	Bessho Tazawa Tokura Nozawa, Shinyu Nozawa, Magama Shibu Kumanoyu Kamiyamada, Takinoyu Akadake-Quelle Nigorigawa-Quelle	Schwefel " Schwefel Schwefel	+ + + + + + + + + + + + - + + + + + + + + -	40 23,5 32-47 44-60 79 48 18,44,50 44 5,8, 25 42	6,6 6,8 3,5, 6,6 6,0, 7,4 6,5 4,4, 6,6 5,6 4,4, 5,6 6,5	+ + + + + + + + + + + + - + + + + + + + + -	+ + - - - - - - - - - - + + - - - - - - - -	+ + + - - - - - - - - - + + - - - - - - - -	+ + + - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
Akita	Yuhara-Quelle		-	25		-	-	-	-
Niigata	Tsubame Akakura	Schwefel "	+ +	42-48 60		+ +	- -	+ -	- -
	Manza, Nigayu Manza, Ubayu Manza, Tetsuyu Manza, Hokkôyu	" " " "	+ + + + + + + + + +	74 67-77 80 70	2,4 2,3 2,8 2,8	+ + + + + + + + + +	- + - - + - - + - +	+ - + - - - - - - +	- + - - - - - - - +

Gumma	Kusatsu, Jizoyu Kusatsu, Sainokawara Kawarayu Kawarayu, Menoyu Sawatari Therme von Shirane-Berg Teichwasser von Shirane-Berg	Schwefel " Schwefel "	+ + + + + + +	48-58 40-45 70 45 50-53 53 15	1,4, 1,8 1,6, 2,0 5,4 5,4 4,6, 5,6, 6,6 2,8 2,8	+ + + + + + +	+ - + + + + -	+ + + + + + -
	Nasu, Yumoto Nasu, Takaomata Nasu, Daimaru Nasu, Benten Nasu, Imori Nasu, Sandogoya Nasu, Gohôzen Nikko, Yumoto, Nakanoyu Nikko, Yumoto, Donsunoyu Nikko, Yumoto, Arayu	Schwefel " Einfach " " " Schwefel " " "	+ + - - - - + + + +	76 31-35 50 42 50 55 35-41 47 36 64,5	2,2-2,5 6,0 7,3 7,0 6,4 6,4 2,8 6,6 3,2 6,6	+ + - - - - + + + +	- + - - - - + - + +	+ + - - - - + + + -
	Hakone, Yunohanazawa Hakone, Owakidani Hakone, Ashinoyu Hakone, Sengokubara Hakone Ubako Hakone, Sokokura	" " " " Salzig "	+ + + + + -	31-60 30-71 34-40 45 35 47	2,4 2,4 7,2 4,1 6,0 7,6	+ + + + + -	+ + - + + -	+ + + - - -
	Shizuoka	Rendajji	"	-		-	-	-
Oita	Beppu, Asami Beppu, Hachimanjigoku Beppu, Hachimanjigoku		+ +	41 76	6,8, 7,5 6,8 6,8	+ - +	- - -	- - +
	Unzen, Seishichijigoku Unzen, Shinyu Unzen, Kyôkanjigoku		+ + +	47 43 32	2,2 2,5 2,1	+ + +	- - +	+ - +
Nagasaki	Krater von Esan		—		3,0	+	+	-
	Krater von Nasu		—	36	2,3	+	-	+
	Nähe von Benten, Nasu		—		3,1	+	-	-
Gumma	Nähe von Manza.		—		2,2	+	+	+

3. AYYAR, C.V.R. and NORRIS, R.V.: Biological oxidation of sulphur. II. Effect on the microflora of activated sludge. *Journ. Indian Inst. Sc.*, **12** A, 1929, 275.
4. AYYAR, C.V.R., PERUMAL, T.S.S. and NORRIS, R.V.: The oxidation of sulphur in suspension of activated sludge and its influence on the solubilisation of mineral phosphates. *Journ. Indian Inst. Sc.*, **11** A, 1928, 85.
5. BROWN, H.D.: Sulfonation in pure and mixed cultures, with special reference to sulfate production, H-ion concentration and nitrification. *Journ. Amer. Soc. Agronomy*, **15**, 1923, 350.
6. CHOLODNY, N.: Beobachtungen über die Mikroflora der Eisen- und Schwefelwasser des Kaukasus. 1926.
7. DUFRENOY, J.: Influence de la température des eaux thermales de Luchon sur leur flore. *C. R. Acad. Sc.*, **193**, 1921, 612.
8. ELENKIN, A.: Über die thermophilen Algenformationen. *Bull. Jard. Imp. St. Petersburg*, **14**, 1914, 62.
9. EMOTO, Y.: Über eine neue schwefeloxydierende Bakterie. (Vorl. Mitt.) *Bot. Mag. (Tokyo)*, **42**, 1928, 421.
10. EMOTO, Y.: Über drei neue Arten der schwefeloxydierenden Bakterien. *Proc. Imp. Acad.*, **5**, 1929, 148.
11. 江本義数 (EMOTO, Y.): 本邦硫黄泉に生棲する硫黄酸化細菌に就て (Studien über die in japanischen Schwefelthermen lebenden schwefeloxydierenden Bakterien). 日本學術協會報告 (Japan. Assoc. for the Advancem. Sc.), **5**, 昭和五年 (1930).
12. 堀正太郎 (HORI, S.): 温泉中の植物 (Pflanzen in den Thermen). *Bot. Mag. (Tokyo)*, **4**, 1890, 19.
13. ISHIZU, R.: The mineral springs of Japan. 1915.
14. JENSEN, H.L.: Vorkommen von Thiobacillus thiooxidans im dänischen Boden. *Centralb. Bakt.*, II, **72**, 1927, 242.
15. 鹿児島縣警察部衛生課 (Hygienische Abteilung der Präfekturbehörden von Kagoshima): 鹿児島縣温泉誌 (Die Thermen der Kagoshima-Präfektur). 大正十五年 (1926).
16. 小鷹謙曹 (KOTAKA, K.): 山形縣鑛泉分析表 (Analytische Liste der Mineralquellen der Yamagata-Präfektur). 森川憲之助著温泉の山形. In K. MORIKAWA: Thermen der Yamagata-Präfektur. 昭和四年 (1929).
17. MIYOSHI, M.: Über das massenhafte Vorkommen von Eisenbakterien in den Thermen von Ikao. *Journ. Coll. Sc. Imp. Univ. Tokyo*, **10**, 1897, 139.
18. MIYOSHI, M.: Studien über die Schwefelrasenbildung und die Schwefelbakterien der Thermen Yumoto bei Nikko. *Journ. Coll. Sc. Imp. Univ. Tokyo*, **10**, 1897, 141.
19. MIYOSHI, M.: Researches on the biology of some mineral springs in Japan. *Bot. Mag. (Tokyo)*, **11**, 1897, 285.
20. MOLISCH, H.: Pflanzenbiologie in Japan auf Grund einiger Beobachtungen. 1926.
21. 内務省衛生試験所 (Hygienisches Laboratorium des Innenministeriums): 彙報第十二號. (Bull. Nr. 12). 日本鑛泉分析表 (Analytische Liste der Thermen Japans). 明治四十年 (1912).
22. OESTRUP, E.: Fresh water diatoms. *Bot. of Iceland*, II, **1**, 1920, 1.
23. REIN, J.: Vorkommen von Algen im Thermalwasser von hohen Temperaturen. *Sitzber. niederrhein. Ges. Bonn*. 1896.
24. RÖSSLER, H.: Über thermophile Bakterien der Badener Thermalquellen. 1918.
25. 商工省地質調査所: 鑛物調査報告第二十號 (Kobutsu-Chosa-Hokoku. Nr. 20). 大正十三年 (1914), 44.
26. STOCKMAYER, S.: Die Biologie der Mineralquellen. *Oestr. Bäderbuch*, 1928, 85.
27. STOCKMAYER, S.: Biologie und Naturschutz der Mineralquellen. *Ztschr. wiss.*

- Bäderkunde, 1923, 244.
28. TRAUTWEIN, K.: Beitrag zur Physiologie und Morphologie der Thionsäurebakterien (Omelianski). *Centralbl. Bakt., Abt. II*, **53**, 1921, 513.
 29. UPHOF, J.C.T.: Zur Ökologie der Schwefelbakterien in den Schwefelquellen Mittelfloridas. *Arch. Hydrobiol*, **18**, 1927, 71.
 30. VOUK, V.: Biologische Untersuchungen der Thermalquellen von Zagorje in Kroatien. *Acad. Sc. et Arts Slaves du Sud, Zagreb*, **5**, 1916, 97.
 31. VOUK, V.: Biologische Untersuchungen der Thermalwässer Kroatiens und Slovaniens. *Acad. Wiss. u. Künste d. Südslaven, Zagreb*, **8**, 1918, 51.
 32. VUATHIER, Ch.: Notes sur la flora thermale des eaux sulfureuse de Mèrens (Ariège). *Bull. Soc. Bot. France*, **73**, 1926, 388.
 33. WAKSMAN, S.A.: Microorganisms concerned in the oxidation of sulfur in the soil. I. Introduction. *Journ. Bact.*, **7**, 1922, 231.
 34. WAKSMAN, S.A.: Microorganisms concerned in the oxidation of sulfur in the soil. III. Media used for the isolation of sulfur bacteria from the soil. *Soil Sc.*, **13**, 1922, 329.
 35. WAKSMAN, S.A.: Microorganisms concerned in the oxidation of sulfur in the soil. IV. A solid medium for the isolation and cultivation of Thiobacillus thiooxidans. *Journ. Bact.*, **7**, 1922, 605.
 36. WAKSMAN, S.A.: Microorganisms concerned in the oxidation of sulfur in the soil. V. Bacteria oxidizing sulfur under acid and alkaline conditions. *Journ. Bact.*, **7**, 1922, 609.
 37. WAKSMAN, S.A.: Energy utilization and carbon assimilation of autotrophic bacteria. *Proc. Internat. Congr. Plant Sc.*, **1**, 1929, 203.
 38. WAKSMAN, S.A. and JOFFE, J.S.: The oxidation of sulfur by microorganisms. *Proc. Soc. Exp. Biol. and Med.*, **18**, 1921, 1.
 39. WAKSMAN, S.A. and JOFFE, J.S.: Microorganisms concerned in the oxidation of sulfur in the soil. II. Thiobacillus thiooxidans, a new sulfur-oxidizing organism isolated from the soil. *Jour. Bact.*, **7**, 1922, 239.
 40. WAKSMAN, S.A. and JOFFE, J.S.: The chemistry of the oxidation of sulfur by microorganisms to sulfuric acid and transformation of insoluble phosphates into soluble forms. *Journ. Biol. Chem.*, **50**, 1922, 35.
 41. WAKSMAN, S.A. and STARKEY, R.L.: Carbon assimilation and respiration of autotrophic bacteria. *Proc. Soc. Exp. Biol. and Med.*, **20**, 1922, 9.
 42. WAKSMAN, S.A. and STARKEY, R.L.: On the growth and respiration of sulfur-oxidizing bacteria. *Journ. Gen. Physiol.*, **5**, 1923, 285.
 43. WORONICHIN, N.N.: Grundriss der Algen-Vegetation des Kaukasus. *Arch. Hydrobiologie*, **17**, 1926, 183.
-