

MITTEILUNGEN
DER
DEUTSCHEN GESELLSCHAFT
FÜR NATUR- UND VÖLKERKUNDE OSTASIENS
BAND XXXIII TEIL C

ÜBER DAS THERMALBAD
KUSATU

TÔKYÔ

1942

Deutsche Gesellschaft
für Natur- und Völkerkunde Ostasiens
Tôkyô-shi, Kôjimachi-ku, Hirakawa-chô, 2-chôme, No. 7
Kommissionsverlag von
Otto Harrassowitz, Leipzig.

ÜBER DAS THERMALBAD
KUSATU



TÔKYÔ

1942

Deutsche Gesellschaft
für Natur- und Völkerkunde Ostasiens
Tôkyô-shi, Kôjimachi-ku, Hirakawa-chô, 2-chôme, No. 7.
Kommissionsverlag von
Otto Harrassowitz, Leipzig.

INHALT

Ein Vorwort

K. K u r o d a, Chem. Institut Kaiserl. Univers. Tokyo: Geo-
chemische Untersuchungen an den Thermalquellen von Kusatu
(mit 4 Abbildungen) S. 1

S. O a n a, Chem. Institut Kaiserl. Univers. Tokyo: Schweres
Wasser im Thermalwasser von Kusatu S. 15

Y. E m o t o, Botan. Institut Adelsschule Mejiro, Tokyo: Über
Flora und Fauna der Thermen S. 21

Dr. G. H. S c h w a b e, Forschungsdienst Berlin: Thermal-
ökologische Beiträge aus Kusatu S. 25

Dr. med. E m m o G e h r und Dr. med. E l i s a b e t h G e h r, Deutsche
Forschungsgemeinschaft: Der Kur- und Badeort Kusatu S. 57

Erläuterungen S. 65

EIN VORWORT.

Über die Dampfschleier der Sainokawara-Quellen ragt zwischen Kiefern inmitten einer eindrucksvollen Thermenlandschaft ein schwarzer Steinblock empor. Vor diesem Steine breiten sich in Wasserläufen und Rinnsalen gelbleuchtende Schwefelrasen und ein grellfarbiger Teppich jener Kleinlebewelt, wie sie sich nur im Bereiche darinfließender Erdwärme entfalten kann, über grauweißen Schuttboden aus. Dahinter steht der Bergwald. Daß Japan gerade hier einem seiner deutschen Hochschullehrer, dem Arzte Erwin Bälz ein Erinnerungsmal errichtete, verrät nicht nur dankbares Gedenken sondern sicher auch ein tiefes Verständnis für die japanische Natur und das enge Verhältnis, das dieser Forscher zu ihr und gerade auch zu diesem Orte gewonnen hat. Erwin Bälz wurde damit bei Kusatu ein Denkmal* errichtet, das mehr als toter Stein ist.

Eine kleine japanisch-deutsche Arbeitsgemeinschaft, die sich wenige kurze Vorfrühlingstage des Jahres 1942 dort mit den dampfenden Gewässern beschäftigte, legt in den folgenden Blättern die gewonnenen Ergebnisse nieder. Diese Blätter mögen als ein bescheidener Beitrag des stets lebendigen Austausches zwischen japanischen und deutschen Wissenschaftlern der Erinnerung an Erwin Bälz gewidmet sein. Ihm als Arzt galt Kusatu als eines der wertvollsten Heilbäder überhaupt. Als Forscher und Lehrer aber ist er einer der größten Wegbereiter der wissenschaftlichen Beziehungen zwischen Japan und Deutschland.

Tokyo, den 15. Mai 1942

G. H. Schwabe.

* Über die Einweihung vergl.: „Enthüllung eines Denkmals für Prof. Dr. Erwin Baelz im Bad Kusatsu am 4. August 1935.“ Nachrichten der D.G.f.N.u.V.O. Nr. 38 vom 15. Sept. 1935.

Geochemische Untersuchungen an den Thermalquellen von Kusatu.

K. KURODA, Chem. Institut Kaiserl. Univers. Tokyo

Einleitung.

- I. Analysen der Thermalwässer.
- II. Analysen der Quellgase.
- III. Seltene Bestandteile der Thermalwässer.
 - 1) Radongehalt.
 - 2) Radiumgehalt.
 - 3) Gallium- und Berylliumgehalt.
 - 4) Vanadium-, Chrom- und Molybdängehalt.

Schlußwort.

Einleitung.

Das Thermalbad Kusatu* (Gumma-ken) liegt ungefähr 1200 m über dem Meere in der Nachbarschaft des Vulkans Sirane¹⁾ (vergl. Abb. 2). Es entspringen dort, von kleineren Rinnsalen abgesehen, 27 Thermalquellen, deren berühmteste Yubatake-no-yu, Sainokawara-no-yu, Sirahata-no-yu (früher auch Goza-no-yu genannt), Netu-no-yu und Zizô-no-yu heißen. Die Gesamtergiebigkeit der Thermen von Kusatu beträgt 1 914 200 Liter in 24 Stunden.²⁾

Die höchsten Austrittstemperaturen liegen bei ungefähr 60° C. Im Jahre 1913 betrug die Austrittstemperatur von Yubatake-no-yu 58° C (nach Ishizu). Die von Oana und Kuroda im Jahre 1941 und von Schwabe im März 1942 bestimmten Austrittstemperaturen dieser Quellen liegen dagegen bei etwa 62°. Danach scheint die Austrittstemperatur von Yubatake im Laufe der letzten dreißig Jahre etwas gestiegen zu sein. (Vergl. hierzu jedoch auch Schwabes folgende Ausführungen). Thermen, die an hohen Bergen entspringen, weisen gewöhnlich größere Schwankungen der Austrittstemperatur auf. So ändert sich z.B. die Austrittstemperatur der Therme Yunohanazawa (Hakone) in Abhängigkeit von

* Kusatu. Wir verwenden die Nipponsiki Rômazi, wenn die Verfasser sich dieser Umschrift bedienen.

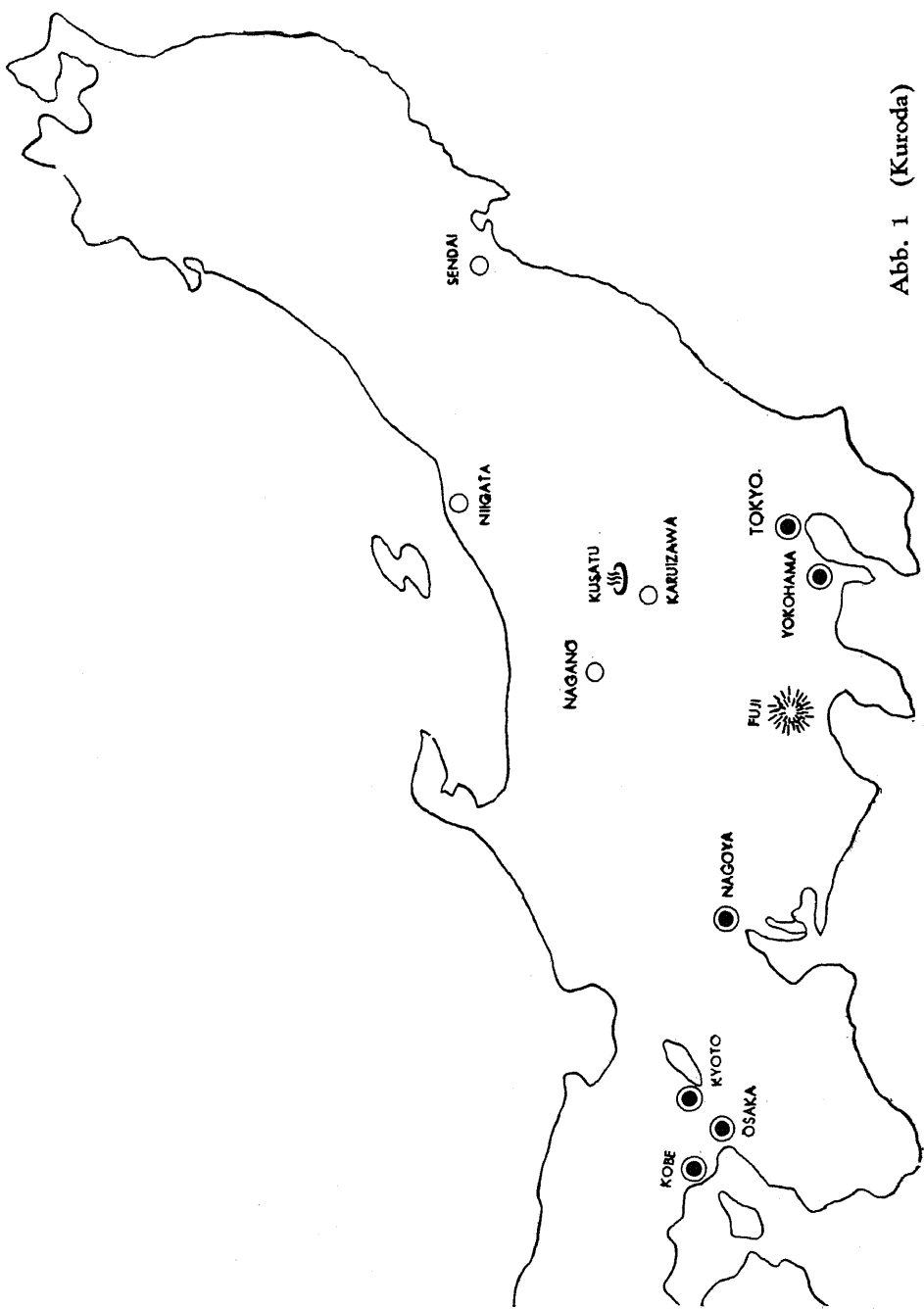


Abb. 1 (Kuroda)

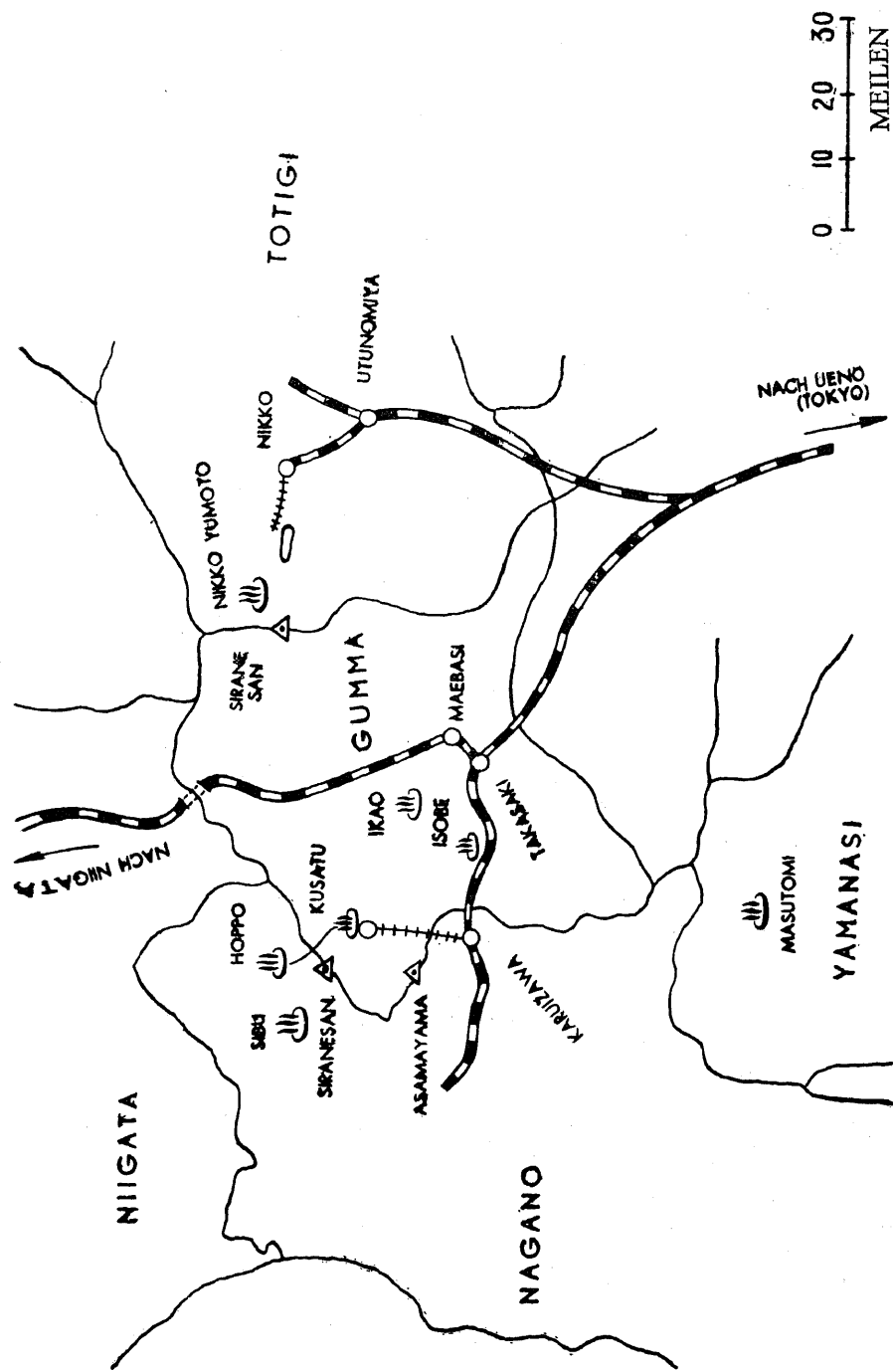


Abb. 2 (Kuroda)

meteorologischen Bedingungen, insbesondere von Niederschlägen. Die Austrittstemperatur von Gongen-yu stieg im Laufe von 10 Tagen im August 1939 um 2° C.³⁾ Die Quellen von Kusatu zeigen eine auffallend geringe Veränderlichkeit ihrer Austrittstemperaturen im Vergleich mit anderen Thermen Japans. Diese Eigentümlichkeit deutet vielleicht darauf hin, daß die Kusatu-Quellen aus größerer Tiefe aufsteigen als die meisten anderen Thermen in der Nähe von Vulkanen.

Die Kusatu-Thermen gehören zu den sauren Alaun-Vitriolquellen. Das Wasser dieser Quellen ist zwar sehr sauer, es gibt jedoch in Japan einige Thermen und Mineralquellen, deren Schüttung noch saurer ist als die von Kusatu. Tabelle 1 gibt einen Überblick über solche Quellen.

Tabelle 1.

Name der Quellen	Präfektur	pH
1. Thermen von Yakeyama	Niigata	0.40
2. Mineralqu. von Kanaiso	Miyazaki	0.90
3. " " Ejunri	Tyosen	0.97
4. " " Kanaiso	Miyazaki	1.00
5. " " "	"	1.10
6. " " Simosuwa	Nagano	1.14
7. " " Ejunri	Tyosen	1.21
8. " " Itirizuka	Nagano	1.29
9. Thermen von Issaikyozan (Azuma)	Hukusima	1.47

Das niedrige pH der sauren Quellen Japans wird gewöhnlich durch freie Schwefelsäure verursacht. Die Kusatu-Thermen enthalten jedoch außerdem bemerkenswerte Mengen freier Salzsäure.

I. ANALYSEN DER THERMALWÄSSER.

Chemische Untersuchungen wurden zuerst im Jahre 1913 vom Chemischen Laboratorium des Hygienischen Instituts in Tokyo durchgeführt⁴⁾. Das Analysenergebnis der Quelle Yubatake, die inmitten des Orts liegt, ist in Tabelle 2 wiedergegeben. — Im Sainokawara-Abschnitt entspringen zahlreiche Quellen, von denen eine Anzahl zusammen mit unseren Temperaturbestimmungen vom 6. März 1942 in die Planskizzen (Abb. 3 und 4) eingezeichnet sind. Das Wasser der Austritte „Sainokawara S“ und „Sainokawara C“ wurde von mir analysiert. Die Ergebnisse

sind in Tabelle 3 und 4 enthalten. Diese beiden Quellen waren nach Schwabe biologisch von Interesse, da sie Rückschlüsse über die thermale Obergrenze der Blaualge *Cyanidium caldarium* erlauben.

Tabelle 2. Yubatakenoyu.⁵⁾

Analyse des Kaiserl. Hygienischen Instituts zu Tokyo 1913.
Temperatur 58°C. Spezifisches Gewicht 1.0032 bei 18°C.

KCl	0.0325 g/kg
NaCl	0.0932
NH ₄ Cl	0.0031
CaCl ₂	0.2763
MgCl ₂	0.1279
FeSO ₄	0.3107
Al ₂ (HPO ₄) ₃	0.0102
Al ₂ (SO ₄) ₃	1.0651
HCl	0.3085
H ₂ SO ₄	2.1674
HBO ₂	0.0150
H ₂ SiO ₃	0.2498
	4.6597
H ₂ S	0.0055
	4.6652

1 kg Wasser enthält:

Kationen:

	g/l	Millimol	Milligrammäquivalent
H ⁺	0.03086	30.55446	30.55446
K ⁺	0.01703	0.43499	0.43499
Na ⁺	0.03670	1.59219	1.59219
NH ₄ ⁺	0.00106	0.05863	0.05863
Ca ⁺⁺	0.09967	2.49175	4.98350
Mg ⁺⁺	0.03271	1.34278	2.68556
Fe ⁺⁺	0.11444	2.04357	4.08714
Al ⁺⁺⁺	0.17022	6.28188	18.84354
		63.24001	

Anionen:

Cl [']	0.64573	18.21523	18.21523
HSO ₄ [']	2.14506	22.09807	22.09807
SO ₄ ^{''}	7.09275	11.37570	22.75140
PHO ₄ ^{''}	0.00860	0.08957	0.17914
	4.88483	96.57812	63.24384

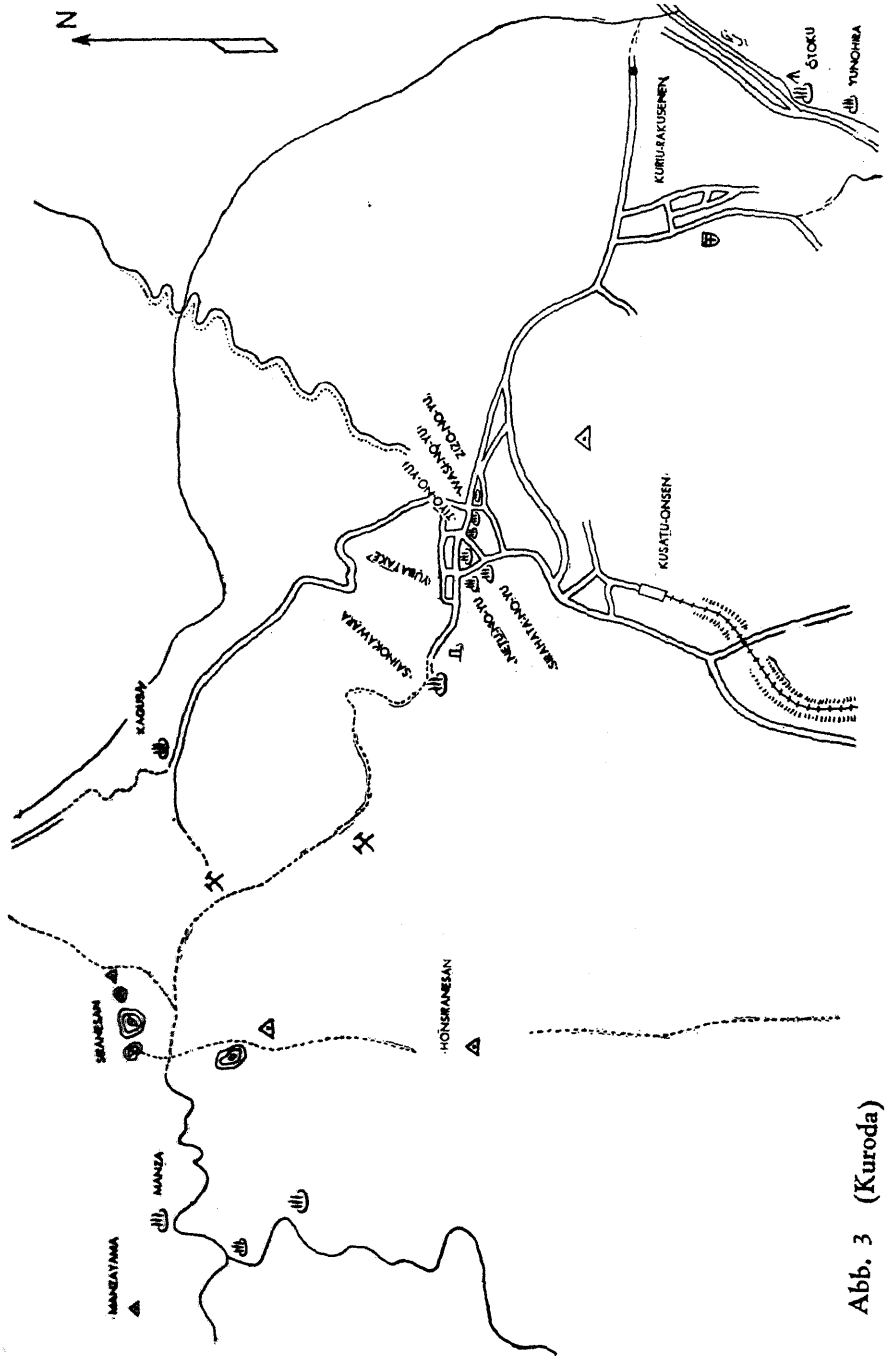


Abb. 3 (Kuroda)

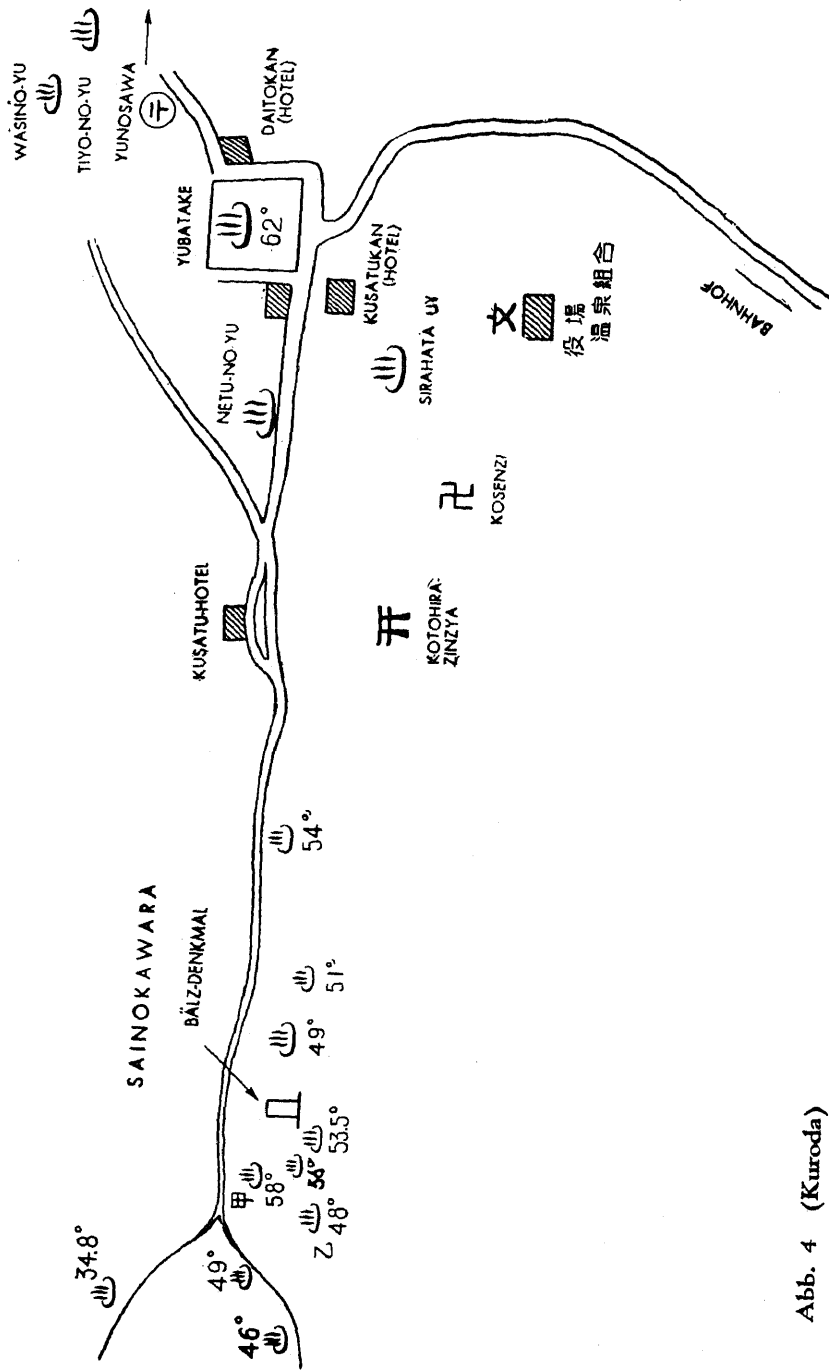


Abb. 4 (Kuroda)

HBO ₂	0.01502
H ₂ SiO ₃	0.24978
	<hr/>
	4.65963
H ₂ S	0.00546
	<hr/>
	4.66509

Radioaktivität: (Kohl.-Löw, Fontakt., nach Dr. Ishizu am 8.4. 1913)

Wasser	14°C	0.13	Mache-Einheiten in 1 Liter
Gas	0°C	0.83	„ „ „ 1 „

Tabelle 3. Analyse Kuroda von „Sainokawara S“ und „Sainokawara C“:

	Sainokawara S	Sainokawara C
Probeentnahme:	6.3. 1942	6.3. 1942
Austrittstemperatur:	58.1°	48.0°
pH:	1.5	1.5
Abdampfrückstand:	4.436	3.837 g/l
Fe··	0.044	0.049 g/l
Al···	0.188	0.198 g/l
SO ₄ ''	2.807	2.298 g/l
Cl'	1.212	1.199 g/l
H ₂ SiO ₃	0.162	0.235 g/l
	<hr/>	
	4.413	3.974 g/l
Radioaktivität:	0.33	0.22 Mache-Einh. im Liter
Datum:	6. März	7. März
(L.-M. Fontakt.)		

Anmerkung Schwabe *

II. ANALYSEN DER QUELLGASE.

Die ältesten Untersuchungen über die thermalen Gase wurden im Jahre 1889 von Edward Divers ⁶⁾ durchgeführt. Er stellte folgende Werte für den H₂S-Gehalt der Quellgase fest:

* **Anmerkung Schwabe:** Im Austritt von Sainokawara C fehlt jede erkennbare S-Fällung, dagegen gedeiht Cyanidium caldarium hier in bester Entwicklung sowohl im Wasserkörper selbst wie in der Uferlinie. Im wenige Meter entfernten und in etwas tieferem Niveau entspringenden Austritte von Sainokawara S ist die S-Fällung kräftig, Cyanidium fehlt jedoch auch in der Uferlinie, die jedenfalls hinsichtlich der Temperatur als durchaus besiedlungsfähig anzusehen ist.

Tabelle 4: H₂S-Gehalt der Quellgase nach Divers 1889:

Name der Quelle	Austrittstemp.	H ₂ S vol. %
Netunoyu	64.5°	2.9
Zizōnoyu	63°	2.45
Gozanoyu	66°	2.65
Takinoyu	66°	3.3
Naginoyu	46°	3.75

Weitere Gasuntersuchungen wurden 1913 vom schon genannten Chemischen Laboratorium des Hygienischen Instituts Tokyo durchgeführt. Die diesbezüglichen Ergebnisse enthält die folgende Tabelle 5:

Tabelle 5 a: Gasanalysen aus dem Jahre 1913 (Chem. Lab. Hyg. Inst.) 1000 ccm Quellgas enthalten:

Quelle	ccm CO ₂	ccm O ₂	
Sirahatanoyu	730	20	H ₂ S und N ₂ wurden nicht bestimmt.
Netunoyu	550	75	
Zizōnoyu	670	?	

Tabelle 5 b: Radongehalt der Quellgase im April 1913 (Dr. Ishizu) angegeben in Mache-Einheiten pro 1 Liter Gas bei 0°C:

Quelle	Radongehalt
Yuhatakenoyu	0.83
Wasinoyu	1.37
Zizōnoyu	0.65
Netunoyu	0.70
Sirahatanoyu	0.66
Tiyonoyu	0.71

III. SELTENE BESTANDTEILE DER THERMALWÄSSER.

1) Radongehalt: Die Radioaktivität der Kusatu-Quellen wurde 1913 von Dr. R. Ishizu gemessen⁶⁾. Im Jahre 1942 führte der Verfasser einige weitere Messungen durch, deren Ergebnisse mit den vorigen zusammen in der folgenden Tabelle 6 enthalten sind.

Tabelle 6: Radongehalt nach Ishizu (1913) und Kuroda (1942); Angaben in Mache-Einheiten pro 1 Liter Wasser (Wassertemperatur):

Quelle	tA	Radon	Datum	Methode
1. Yuhatakenoyu	58.0°	0.13 (14.0°)	8.4.1913	K.u.L.
2. Wasinoyu	60.0°	0.13 (17.5°)	9.4.1913	„
3. Zizōnoyu	56.5°	0.14 (15.0°)	5.4.1913	„
4. Sainokawara simo	43.0°	0.18 (20.0°)	7.4.1914	„

Quelle	tA	Radon	Datum	Methode
5. Sainokawara kami	49.5°	0.30 (29.0°)	7.4.1913	K.u.L.
6. Netunoyu	56.0°	0.16 (17.7°)	8.4.1913	"
7. Sirahatanoyu	58.0°	0.22 (18.0°)	9.4.1913	"
8. Tiyonoyu	56.0°	0.17 (18.0°)	6.4.1913	"
9. Sainokawara S	58.0°	0.33 —	5.3.1942	I.M.
10. " C	48.0°	0.22 —	6.3.1942	"

Zum Vergleich bringt Tabelle 7 eine Zusammenstellung der radonreichsten Mineralquellen Japans nach den Arbeiten von Nakai (Bull. Chem. Soc. Japan 15 (1940), 385).

Tabelle 7. Die Radonreichsten Mineralquellen Japans (Mache-Einh.):

Quelle	Präfektur	Rn-Gehalt	bestimmt von
1. Ikeda, Radium-Kosen Nr. 2	Simane	1479 ME/l	Matuura, Iwasaki, Hukusima
2. Masutomi, Wadegawara Nr. 2	Yamanasi	1343 ME/l	Nakai
3. " " Nr. 1	"	588 ME/l	"
4. " Kuridaira Nr. 1	"	576 ME/l	"
5. " Osiba	"	362 ME/l	"

2) Radiumgehalt: Dr. T. Nakai bringt ebenda (siehe oben) Mitteilungen über den Ra-Gehalt der Kusatu-Quellen. Zur Analyse diente ihm die gewöhnliche Emanationsmethode. Wie die in Tabelle 8 mitgeteilten Ergebnisse zeigen, ist der Ra-Gehalt der Wässer von Kusatu sehr gering. Dieser Umstand wird durch einen Vergleich mit besonders Ra-reichen japanischen Thermen klar (Tabelle 9).

Tabelle 8. Ra-Gehalt der Kusatu-Wässer:

Quelle	Ra-Gehalt
1. Wasinoyu	0.05×10^{-12} mg/l
2. Tiyonoyu	0.10 "
3. Niegawanoyu	0.03 "
4. Zizônoyu	0.01 "
5. Netunoyu	0.15 "
6. Sirahatanoyu	0.16 "
7. Sekinoyu	0.10 "
8. Matunoyu	0.00 "
9. Naginoyu	0.03 "

Tabelle 9: Ra-reichste Thermen Japans:

Quelle	Präfektur	Ra-Gehalt
1. Arima, Sinonsen	Hyôgo	381×10^{-12} g/l
2. " Katakosi-Kosen	"	111.1 "
3. Tamatukuri, Matunoyu	Simane	97.1 "
4. Masutomi, Wadamatuba	Yamanasi	84.4 "
5. "Yuzawa Nr. 1	"	71.8 "
6. Arima, Hononsen	Hyôgo	71.3 "

3) Gallium- und Berylliumgehalt: Die spektroskopische Methode zur Bestimmung von Ga und Be ist halbquantitativ und wurde zuerst von Papisch⁷⁾ und anderen bei der Bestimmung des Germaniums gebraucht. Die Analysenergebnisse für die Kusatu-Wässer bringt Tabelle 10. Nach unseren Erfahrungen liegen in sauren Quellen Japans die Atomzahlenverhältnisse Ga : Al oder Be : Al gewöhnlich bei einem ungefähren Werte von 1 : 100 000.

Tabelle 10. Ga- und Be-Gehalte der Kusatu-Wässer (nach Kuroda, Bull. Chem. Soc. Japan, 15 (1940) 234/237):

Quelle	Ga-Gehalt g/l	Be-Gehalt g/l
1. Sekinoyu	$5 \approx 10 \times 10^{-6}$	1×10^{-6}
2. Sirahatanoyu	$1 \approx 5 \times 10^{-6}$	$1 \approx 5 \times 10^{-6}$
3. Zizônoyu	$1 \approx 5 \times 10^{-6}$	$< 10^{-7}$
4. Wasinoyu	$1 \approx 5 \times 10^{-6}$	$5 \approx 10 \times 10^{-7}$

4) Vanadium-, Chrom- und Molybdängehalt: V, Cr und Mo wurden mit der kolorimetrischen Methode nach Sandell⁸⁾, die sehr einfach und genau ist, bestimmt. Die Analysenergebnisse sind in Tabelle 11 angegeben. Der Verfasser hat bereits 32 japanische Mineralquellen auf ihre Gehalte an diesen seltenen Elementen untersucht. Die Durchschnittswerte dieser 32 Wässer zeigt Tabelle 12. Der Gehalt dieser Elemente in den Kusatu-Wässern ist verhältnismäßig sehr hoch. Nach unseren Erfahrungen enthalten japanische Thermalwässer umso mehr V und Cr, je stärker sauer sie reagieren. Beim Molybdän hingegen ist dieser Zusammenhang nicht ausgeprägt.

Tabelle 11: V-, Cr- und Mo-Gehalte der Kusatu-Wässer (nach Kuroda, Bull. Chem. Soc. Japan, 17 (1942) Nr. 4):

Quelle	V mg/l	Cr mg/l	Mo mg/l
1. Wasinoyu	0.33	0.040	0.006
2. Tiyonoyu	0.33	0.025	0.008
3. Sirahatanoyu	0.32	0.032	0.003
4. Sekinoyu	0.31	0.038	0.003
5. Matunoyu	0.29	0.020	0.003
6. Zizōnoyu	0.25	0.024	0.007

Tabelle 12: Durchschnittlicher V-, Cr- und Mo-Gehalt von 32 japanischen Thermalquellen (Kuroda):

	V	Cr	Mo
Anzahl der Proben:	32.	32	32
Anzahl der Proben, die dieses Element nicht enthalten:	... 4	14	8
Durchschnittsgehalt mg/l:	0.122	0.011	0.0025
„ % Abdampfückst:	0.0055	0.00045	0.000039

SCHLUBWORT.

Aus der geringen Veränderlichkeit der Quellen von Kusatu könnte man schließen, daß der Ursprung der Schüttungen in großer Tiefe oder jedenfalls dem Bereich der vulkanischen Tätigkeit sehr nahe liegt. Es ist anzunehmen, daß einige chemische Bestandteile juveniler Herkunft sind. Der Verfasser ist jedoch der Meinung, daß die gewöhnlichen seltenen Bestandteile, wie Ga, Be, V und Cr hauptsächlich aus den Gesteinen stammen, mit denen die sauren Wässer in Berührung kommen. Sicher enthält die Schüttung eine bemerkenswerte Menge juvenilen Wassers und juveniler „sauerer“ Bestandteile, die genannten Elemente sind jedoch in ihr nicht stärker konzentriert, als dies etwa dem Gehalte der Gesteine entspricht. Der V- und Cr-Gehalt der Kusatu-Wässer liegt, wie schon erwähnt, etwas höher als der Durchschnittsgehalt japanischer Thermalwässer. Die Ursache dieser Abweichung ist wohl in der großen Azidität des ursprünglichen Thermalwassers zu suchen. Je saurer ein Thermalwasser reagiert, desto mehr Metalle vermag es aus dem Gestein zu lösen.

Ferner fällt der geringe Gehalt an radioaktiven Elementen auf. Dieser Umstand ist ein weiterer Beleg für die interessante Hypothese von

Boltwood⁹⁾, Schlund und Moore¹⁰⁾, die besagt, daß zwischen Radioaktivität und Vulkanismus kein engerer Zusammenhang besteht. Diese Hypothese konnte vor einiger Zeit auch durch Noguchi's¹¹⁾ Untersuchungen am Vulkan Asama bestätigt werden.

Anmerkungen:

- 1) 4.500 ft. (Mineral springs of Japan III pg. 21).
- 2) Onsen-Taikan (japan.) Tokyo 1941 pg. 164.
- 3) Kuroda, Bull. Chem. Soc. Japan 15 (1940), 156.
- 4) Im Jahre 1897 analysierte der Deutsche Dr. Wollmann (?- „フオノマツ“) die Wässer von Kusatu. Er bearbeitete Netunoyu, Wasinoyu, Zizōnoyu, Gozanoyu und Takinoyu. Die Analysen Wollmanns sind die ersten von Kusatu.—Vergl. Sato, Kusatu-Tyosi (jap. Geschichte der Stadt Kusatu) Takasaki 1938 pg. 198.
- 5) Mineral springs of Japan II pg. 49 ff.
- 6) E. Divers, Trans. Asiat. Soc. Japan, Vol. VI, Pt. II, pg. 346-347, Tokyo 1889.
- 7) J. Papisch, F. M. Brewer and D. A. Holt. J. Am. Chem. Soc. 49 (1927), 3028.
- 8) E. B. Sandell, Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 8 (1936), 336.
- 9) Boltwood, Am. J. Sci. IV 20 (1905), 128.
- 10) Schlund, Moore, U.S. Geol. Surv. Bull. No. 395 (1909).
- 11) Noguchi, J. Chem. Soc. Japan 60 (1939), 7.

Schweres Wasser im Thermalwasser von Kusatu.

S. OANA, Chem. Institut Kaiserl. Univers. Tokyo

1. **Isotopische Zusammensetzung natürlicher Wässer:** Im Wasserstoff und im Sauerstoff, die Wasser bilden, unterscheidet man heute je 3 Isotopen, die als H^1 , H^2 , H^3 und O^{16} , O^{17} , O^{18} bezeichnet werden. Die Mengenverhältnisse dieser Isotopen in natürlichen Wässern sind etwa folgende:

$$\begin{array}{l} H^1 : H^2 : H^3 = 1 : 0.0002 : 10^{-9} \\ O^{16} : O^{17} : O^{18} = 1 : 0.0008 : 0.002 \end{array}$$

Die angegebenen Zahlen sind nur ungefähre Werte. Kleine Unterschiede in der Konzentration der schweren Wasserisotopen in natürlichen Wässern sind seit dem Jahre 1934 von einigen Forschern beobachtet worden. Diese Unterschiede sind im allgemeinen so gering, daß man heute noch nicht imstande ist, jeden Unterschied in der Konzentration der Isotopen analysierend zu erfassen. Die Dichte eines Wassers wird umso größer, je größer sein Gehalt an schweren Wasserisotopen ist. Wir können heute Dichteunterschiede zweier Wässer bis zu einer Grenze von 0.1γ ($1\gamma = 1 \times 10^{-6}g$) bestimmen; 1γ entspricht einem Unterschiede von 0.009% in der Gesamtkonzentration der schweren Wasserisotopen. Solche Untersuchungen werden folgendermaßen durchgeführt: Das Untersuchungswasser wird mehrfach sorgfältig und so lange gereinigt, bis seine elektrische Leitfähigkeit auf den Wert $1 - 2 \times 10^{-7}$ mho abgesunken ist. Dabei ist zu beachten, daß die ursprüngliche Konzentration der schweren Isotopen in keiner Weise verändert wird. Mittels Schwimmermethode wird dann der Dichteunterschied zwischen diesem reinen natürlichen Wasser und dem auf die gleiche Weise behandelten Standard-Leitungswasser der Stadt Tokyo bestimmt. Wenn der Dichteunterschied eines natürlichen Wassers gegenüber dem Standardwasser $+1.0\gamma$ beträgt, bedeutet das also, daß die Gesamtkonzentration der schweren Wasserisotopen dieses Wassers um 0.0009% höher ist als die des Standardwassers.

2. Über die Verteilung der schweren Wasserisotopen auf der Erde:

a) Atmosphärischer Wasserdampf enthält verhältnismäßig geringere Mengen der schweren Wasserisotopen. Sein Dichteunterschied beträgt nach M. Dole -1.95γ . Dieser Umstand beruht auf der Austauschreaktion, die zwischen Luftsauerstoff und atmosphärischem Wasserdampf stattfindet. Sie verläuft nach folgender Formel, deren Gleichgewichtskonstante bei 0°C den Wert von 1.048 hat:



Nach unserer Meinung dürfte dieser Wert noch kleiner sein, denn Neuschnee am Norikuradake-Berge (Nagano-ken) wies am 2. Jan. 1942 einen Dichteunterschied von -2.8γ auf.

b) Niederschläge sind im allgemeinen leichter (etwa -2γ). Dieser Wert ist jedoch etwas von den jeweiligen meteorologischen Bedingungen abhängig.

c) Flußwasser wird von Niederschlägen geliefert. Es ist demnach anfangs, d.h. in der Nähe der Flußquellen gleichfalls leichter. Durch fraktionierte Verdampfung wird es jedoch allmählich schwerer, je weiter es sich von seinem Ursprunge entfernt. Die Dichte des Flußwassers erreicht schließlich einen bestimmten Wert, der sich nicht mehr vergrößert, weil die folgende Austauschreaktion die Dichte des Wassers verringert, während Verdampfung sie steigert:



Die folgende Tabelle 1 gibt diese Verhältnisse für den Fluß Tamagawa, mit dessen Wasser die Leitung von Tokyo versorgt wird, auf Grund unserer Untersuchungen wieder.

Tabelle 1. Dichteunterschiede des Tamagawa-Flußwassers (22. Sept. 1941):

Entfern. v. Ursprung km	Tageszeit h	Dichteunterschied γ
30.5	5.40	- 1.3
40	7.05	- 0.5
53	9.20	± 0
70	12.10	- 0.1

Flußwasser des Tamagawa wird von Hamura (70 km vom Ursprung) nach dem Sammelbecken bei Murayama geleitet und uns von dort als Leitungswasser zugeführt. Solches in unserem Laboratorium aufbewahrtes Leitungswasser von Tokyo dient für unsere Dichteunterschied-Bestimmungen als Standard.

d) Meerwasser verdunstet in ungeheuren Mengen, wie sich schon daraus ergibt, daß der größte Anteil des atmosphärischen Wasserdampfes aus den Ozeanen stammt. Die Dichte des Meerwassers ist daher größer als die des Standardwassers ($+1\gamma$ — $+2\gamma$), weil im Vergleich mit der Verdunstung die Austauschreaktion zwischen Luftsauerstoff und Meerwasser fast wirkungslos bleibt.

e) Hinsichtlich der Dichte des Grundwassers (im allgemeinsten Sinne) sind die Verhältnisse sehr verwickelt. Die diesbezüglichen Eigenschaften juveniler Wässer dürften am besten durch Untersuchung von Fumarolendämpfen gewonnen werden können, denn es ist anzunehmen, daß ein besonders großer Anteil des in Fumarolen zu Tage tretenden Wassers infolge vulkanischer Aktivität aus dem Magma entbunden von dort unmittelbar zur Erdoberfläche gefördert wurde. Unter den Fumarolen, deren Wasserdichte bisher von uns gemessen wurde, sind die am Vulkan Yakedake (Nagano-ken) am lebhaftesten tätig, wie u.a. ihre hohen Austrittstemperaturen, die bis 210°C erreichen, erkennen lassen. Der Dichteunterschied des hier geförderten Wassers betrug am 2. Aug. 1938 $+5.4\gamma$. Dieses Wasser ist selbstverständlich nicht ausschließlich als juvenil anzusprechen. Seine Dichte vermindert sich entsprechend dem Anteile des beigemengten vadosen Wassers.

Thermalwasser enthält im allgemeinen eine gewisse, im Vergleich mit Fumarolenwasser geringere Menge juveniler Herkunft. Die Dichte des Thermalwassers wird natürlich gleichfalls durch Beimischung vadosen Wassers beeinflusst, und es ist nach den bisherigen Untersuchungen anzunehmen, daß sie stets den jeweiligen Mischungsverhältnissen von juvenilen und vadosen Wässern entspricht.

3. Die Konzentration der schweren Wasserisotopen in den Thermalwässern von Kusatu: Tabelle 2 enthält die Ergebnisse von Dichtemessungen an Thermalwässern von Kusatu, die am 25. Aug. 1941 gesammelt wurden.

Tabelle 2. Dichteunterschiede der Thermalwässer von Kusatu:

Quelle	Austritts-temp. °C	pH	Cl-g/l	Dichteunterschied γ
Sirahatanoyu	63.0	1.5	0.874	+0.8
Zizônoyu	60.0	1.5	0.824	+0.6
Sainokawara (unt.) ...	51.7	1.5	0.759	+0.3
Yubatake	63.0	1.5	0.871	+0.2
Netunoyu	61.2	1.5	0.852	-0.2
Wasinoyu	56.0	1.5	0.813	-0.5
Tiyonoyu	56.0	1.5	0.834	-0.8
Naginoyu	45.5	1.5	0.610	-1.0
Sainokawara (ober.) ..	51.0	1.5	0.755	-1.2
Kunsinoyu	54.0	1.5	0.839	-1.3
Niegawanoyu	58.5	1.5	0.816	-1.8

Es ergibt sich daraus, daß die Thermalwässer von Kusatu, besonders die Schüttungen von Sirahatanoyu, Zizônoyu, Sainokawara (untere Quelle) und Yubatake größere Mengen juvenilen Wassers enthalten als die meisten anderen japanischen Thermalwässer, die wir zum Vergleich in den folgenden Tabellen anführen.

Tabelle 3. Dichteunterschiede der Thermalwässer rings um den tätigen Vulkan Asamayama (Nagano-Prov.) (Y. Shibata, K. Noguchi und S. Kaneko; J. Chem. Soc. Japan, 58 (1937), 1013):

Quelle	Austritts-temp. °C	pH	Dichteunterschied γ
Sengataki	32.0	6.5	-0.1
Hosinoonsen II	33.8	7.2	-0.4
Hosinoonsen I	37.7	7.4	-1.5
Ôsasa	29.0	6.1	-1.9

Tabelle 4. Dichteunterschiede der Thermalwässer rings um den tätigen Vulkan Yakedake (Nagano-Prov.) (S. Oana, Bull. Chem. Soc. Japan, 14 (1939), 279):

Quelle	Austritts-temp. °C	pH	Dichteunterschied γ
Hirayu (obere)	81.5	6.7	-1.2
Yarimionsen	47.0	6.3	-1.4
Nakanoyu	50.0	6.5	-1.5
Kamikôtionsen	51.0	7.3	-2.0
Hotakaonsen (obere) ..	53.8	6.3	-2.0
Hirayu (untere)	69.0	6.3	-2.2
Bokudenburo	48.2	6.4	-2.4
Hotakaonsen (untere) ..	63.6	6.2	-2.7

Tabelle 5. Dichteunterschiede der Thermalwässer rings um den ruhenden Vulkan Komagatake (Akita-Prov.) (S. Oana, J. Chem. Soc. Japan, 60 (1940), 1008):

Quelle	Austritts-temp. °C	pH	Dichteunterschied γ
Kuroyu	95	2.6	+1.5
Magoroku	78	6.5	+0.7
Ôkama	95	2.6	+0.4
Kaniba	53	7.2	-0.6

Über Flora und Fauna der Thermen.

Y. EMOTO, Botan. Instit. Adelsschule, Mejiro, Tokyo.

Schon seit über 40 Jahren werden Flora und Fauna der Thermen Japans biologisch bearbeitet. Während dieser langen Zeit erschienen zahlreiche Veröffentlichungen über solche Untersuchungen.

Auf zoologischem Gebiete ist vor allem Herr Professor S. Matumaru zu nennen, der 1915 zum ersten Male *Scatella calida* und *S. tateyamana* in den Jōzankei-Thermen auf Hokkaidō fand. Seither wurden zahlreiche weitere Insekten aus Thermen von Taiwan (Formosa), wie z.B. *Anisops kuroiwae*, *Microvelia burmanica* sowie *Chironomus*-, *Gerris*-, *Hydroscapha*-, *Berosus*-, *Helochares*- und *Bidessus*-Arten durch die Herren Esaki, Horikawa, Takahashi und andere bekannt. In anderen Thermen wurden *Stratiomyia japonica*, *Limnaea japonica*, *Semisulcospira libertina*, *Gyraulus japonicus* u.s.w. gefunden. In letzter Zeit haben sich Herr Okada und seine Mitarbeiter mit der Untersuchung der Thermalfauna befaßt. Sie bearbeiteten beinahe alle noch unverbauten und noch in natürlichem Zustande befindlichen Thermen in Japan mit Ausnahme der Gebiete von Hokkaidō und Formosa. Es handelt sich um etwa 185 heiße Quellen wie Higasiyama, Iizaka, Izu, Beppu, Unzen usw. Nach den bisher veröffentlichten Ergebnissen sind folgende Artenzahlen bekannt:

Protozoa:	100 Arten	Arthropoda:	102 Arten
Amoebae:	16	Entomostraca:	6
Flagellatae:	8	Arachnida:	4
Ciliatae:	76	Tardigrada:	2
Plathelminthes:	2 "	Insecta:	90
Trochelminthes:	3 "	Pisces:	6 "
Annelida:	7 "	Amphibia:	5 "
Mollusca:	8 "	zusammen:	233 Arten

Auf botanischen Gebiete wurde zum ersten Male auf die Bewegung von *Oscillatorien* in der Therme von Tamatsukuri (Tottori-Präfektur) und in den Thermen von Nigokō (Gifu-Präfektur) von Prof. Hori aufmerksam gemacht. Dann teilte Prof. M. Miyoshi im Jahre 1897

Untersuchungsergebnisse über die Eisenbakterien aus den Ikao-Thermen mit. Gleichzeitig berichtete er über die Schwefelbakterien aus Yumoto bei Nikkô. In dieser Arbeit behandelt er auch seine näheren physiologischen Studien über die Chemotaxis von *Chromatium weissii*. Im Jahre 1919 wurde die Arbeit über die Thermalflora, die lange Zeit unterbrochen war, wieder von Prof. H. Molisch aufgenommen. Er kam damals als akademischer Lehrer an die Kaiserliche Tôhoku Universität zu Sendai und studierte während seiner Amtstätigkeit etwa 25 Thermen in Japan, in denen er zahlreiche Bakterien, Algen, Flagellaten, Diatomeen sowie auch Insekten feststellte. Die Arbeiten von Miyoshi und Molisch sind sehr wertvoll für alle späteren Erforscher der Thermalflora unserer heißen Quellen. Im Jahre 1923 begann Emoto seine Studien auf diesem Gebiete. Vor allem seit 1938 untersuchten er und seine Mitarbeiter über 400 heiße Quellen. Es wurden dabei folgende Ergebnisse erzielt:

Bacteria:	33 Arten	9 var.	4 fa.
Cyanophyceae:	235 "		
Flagellatae:	4 "	10 var.	4 fa.
Diatomeae:	40 "	2 var.	
Conjugatae:	16 "	1 var.	
Chlorophyceae:	37 "		
Phacophyceae:	1 "		
Rhodophyceae:	2 "		

zusammen: 268 Arten 52 Varietäten und 8 Formen.

FORSCHUNGSERGEBNISSE ÜBER DIE FLORA DER KUSATU-THERMEN.

Es gibt viele heiße Quellen im Badeort Kusatu. Die im Zentrum liegende Yukemurinoyu- oder Yubatake-Therme allein hat einen offenen und unbedeckten Austritt. Dahingegen sind die anderen, wie Takinoyu, Matunoyu, Netunoyu, Sirahatanoyu und weiter im Westen Sekinoyu und Naginoyu und im Osten Zizônoyu, Wasinoyu und Niegawanoyu verbaut und ganz bedeckt, so daß sie als Lebensraum für Organismen nicht in Betracht kommen.

Man kann also nur in Yubatake Untersuchungsmaterial finden. Diese Quelle ist mit langen, niedrigen Steinmauern umgeben. Entlang der Südseite dieses Steinwalls sprudelt das Thermalwasser und wird von hier zu den Bädern abgeleitet. Eine Sainokawara genannte Solfatare entspringt

neben vielen sauren Alaun-Vitriolquellen unmittelbar östlich von der Stadt.

Über die Flora der Kusatu-Thermen liegen nur wenige Veröffentlichungen vor. Prof. Miyoshi berichtet 1897 in seiner hervorragenden Arbeit über die Schwefelbakterien der Yumoto-Thermen, daß er in Kusatu bei Wassertemperaturen von etwa 25° bis 53° eine *Leptothrix*-Art fand. Ihre schlanken, dünnen, oft mehrere Dezimeter langen und dicht mit feinem Schwefelpulver bedeckten Fäden stehen in ruhigem oder langsam fließendem Wasser fast waagrecht oder etwas schräg nach oben und führen sanfte Bewegungen im Strome aus. Der Schwefel ist auf die Zellwandung nur locker aufgelagert und wird durch schwache Erschütterung losgerissen. Die Fäden sind unverzweigt, zylindrisch und bei einem Durchmesser von nur 0.7 μ gleichmäßig dick. Das basale Ende, d.h. die Ansatzstelle ist nur wenig verdickt. Bei Jodfärbung wird eine Pseudogliederung erkennbar. Die Art wurde *Leptothrix sulphurea* genannt.

Emoto berichtete 1933 über schwefeloxydierende Bakterien. Nach seinem Besuche in Kusatu im Jahre 1928 kultivierte er aus dem Schlamm eines Hotels, welcher von Wasser der Zizônoyu-Therme gespült wird, und aus Sainokawara vier Arten schwefeloxydierender Bakterien. Die von ihm gezüchteten Arten sind: *Thiobacillus thermitanus*, *Th. crenatus*, *Th. lobatus* und *Th. umbonatus*. In den gesammelten Materialien fand er außerdem eine Diatomeen-Art, *Pinnularia brauni* var. *amphicephala* in sehr großer Menge.

Im letzten Sommer besuchte einer meiner Mitarbeiter, Herr H. Hirose, Kusatu, beobachtete die erwähnten Gewässer und fand folgendes: Der Boden des lauwarmen Wassers und auch die inneren Oberflächen der Wasserleitung aus Holz waren völlig mit einem blaugrünen Belag der Blaualge *Cyanidium caldarium* bedeckt. Hier und da befanden sich auch tief braune Massen der Kieselalge *Pinnularia brauni* var. *amphicephala*. Außer diesen beiden Arten konnten keine weiteren Algen gefunden werden.

Es zeigt sich mithin, daß die Thermalflora von Kusatu außerordentlich artenarm ist. Solche Artenarmut ist für Schwefel- und Vitriolthermen, besonders für stark saure Wässer typisch.

Thermalökologische Beiträge aus Kusatu.

DR. G. H. SCHWABE, Forschungsdienst Berlin.

- Gliederung:
1. Vorbemerkungen
 2. Das Thermenfeld Kusatu
 3. Hydrologische Anmerkungen
 4. Zur vertikalen Verteilung der Austritte
 5. Über die Lebensräume und ihre Ingliederung (Struktur)
 - Schwefelabscheidung
 - Cyanidium caldarium (Tilden) Geitler
 - Anmerkung über *C. caldarium* var. *chilensis* Schwabe
 - Pinnularia brauni* var. *amphicephala* (A. Mayer) Hust.
 - Ringfleck-Lager
 - Folgerungen
 6. Zur biologischen Deutung therapeutischer Wirkungen
 7. Balneobiologisches zum Zeitbad
 8. Schrifttum

1. VORBEMERKUNGEN:¹⁾

Aus vorstehenden Beiträgen der Herren Emoto, Kuroda und Oana ergibt sich, daß die Thermen von Kusatu sowohl chemisch wie floristisch und faunistisch ein ungewöhnliches Bild bieten. Besondere Beachtung verdient in ökologischer Hinsicht naturgemäß der außerordentlich hohe Gehalt des Wassers an freien Mineralsäuren, der zweifellos gegenüber anderen Ursachen hier die schärfste Artenauslese bedingt. Demgemäß

1) Im Folgenden werden die hier verzeichneten Abkürzungen und Zeichen gebraucht:

Az=Azidität in cem n/10 Na₂CO₃ je 100 cem Wasser (**Alk**=Alkalität);

pH=H⁺-Konzentration (kolorimetr. nach Ohle-Nagel bestimmt); ..

tA=Austrittstemperatur; **tW**=Wassertemperatur am Standort;

tL=Lufttemperatur; alle Temperaturen in °C.

± =mehr oder weniger.

∅=Durchmesser.

μ=Mikron (1μ=0.001 mm).

bleiben nur sehr wenige Arten übrig, die sich jedoch in diesen Räumen nicht nur behaupten können sondern trotz der hohen Säuregrade sogar offensichtlich noch beste Entfaltungsmöglichkeiten finden und üppiges Wachstum erkennen lassen. Dabei ist überdies noch zu bedenken, daß die freien Mineralsäuren infolge der thermalen Temperaturen chemisch erheblich stärker angreifen als etwa in kalten Gewässern. Leider ist gerade über die Kopplung von Temperatur und Chemismus in der Thermalökologie noch so gut wie nichts bekannt, wenn man von wenigen Andeutungen absieht, die vermuten lassen, daß die oberen Grenztemperaturen mancher Arten durch den Wasserchemismus beeinflusst werden. Dieser Umstand ist umso bedauerlicher, als gerade die Kopplung Temperatur-Chemismus in der Balneologie sicher mit vollem Rechte als hervorragend wirksam angesehen wird.

Ein zweites, unmittelbar auffallendes Merkmal kommt als kennzeichnend für die Kusatu-Thermen hinzu: die Ausfällung elementaren Schwefels in der Mehrzahl der Quellen. Diese Ausfällung erfolgt zweifellos nur zum kleineren Teile durch Schwefelbakterien (biogen), zum größeren Teile ohne Mitwirkung lebendiger Stoffwechselfvorgänge (abiogen) und wird damit ebenso wie in anderen Thermen die Sinterung für die biologisch-therapeutische Bewertung des Wassers zu einem auffallenden Merkmale chemischer Unausgeglichenheiten (labiler Chemismus). In solchen Unausgeglichenheiten, die in irgend einer Form grundsätzlich die meisten, wenn nicht alle thermalen Schüttungen in \pm starker Ausprägung aufweisen, muß die biologische Betrachtung eine ganze Gruppe biologisch bestimmend wirkender Ursachen sehen. Die Gründe für chemische Unausgeglichenheiten in thermalen Schüttungen sind klar: Druckverminderung und infolgedessen Veränderung der Lösungsverhältnisse (Entgasung und Ausfällungen), Abkühlung und Fremdwasser-einflüsse, denen die Schüttung auf dem Wege zum Austritte ausgesetzt ist, und im Austritte selbst in ganz anderer Weise ansetzende Abkühlung, verbunden mit Verdunstung, Luft- und Lichtberührung des Wassers. Die offenbar im allgemeinen erheblich unterschätzte biologische Bedeutung der chemischen Unausgeglichenheiten wird sofort verständlicher, wenn man sich die Wirkungsweisen von Stoffen im status nascens vor Augen führt. Umso erstaunlicher ist es, daß gerade die hier sich ergebenden

Aufgaben bisher von Seiten der Thermalbiologie überhaupt nicht und von der Balneologie erst in neuester Zeit beachtet wurden. Wenn es bisher nicht möglich war, auch nur Ansätze zur biologischen Beurteilung des therapeutischen Wasserwertens zu finden, so dürfte gerade in der Vernachlässigung jener Unausgeglichenheiten einer der wichtigsten Gründe dafür zu sehen sein. Andererseits ist es dem Bäderfachmann längst bekannt, daß Quellsalze und abgefüllte Wässer in ihren Heilung fördernden Wirkungen erfahrungsgemäß weit hinter den Wirkungen zurückstehen, die mit quellfrischen Wässern erzielt werden können. Wenn man bisher oft glaubte, diesen Umstand nur auf die veränderte seelische Lage des Heilung Suchenden im Badeorte oder auf klimatische und sonstige Umwelteinflüsse des Orts zurückführen zu müssen, so geschah dies eben zu einem guten Teile nur deshalb, weil die höchst empfindliche und leicht veränderliche Struktur des quellfrischen Wassers nicht oder nur unter dem unklaren Begriffe „Quellengeist“ in Rechnung gestellt wurde.

2. DAS THERMENFELD VON KUSATU:

Es ist nun noch vorzuschicken, daß die gesetzlichen Bestimmungen der Kriegszeit verbieten, hier genaue Pläne und Höhenmessungen zu bringen, anhand deren manche Aufschlüsse über die räumliche Verteilung der chemischen, physikalischen und biologischen Eigenarten im Thermenfelde von Kusatu zu ermitteln wären. Derartige Untersuchungen müssen also einer späteren Zeit vorbehalten bleiben. — Die von lichten Mischwäldern bestandene Gebirgslandschaft, in der der Ort Kusatu liegt, wird von den beiden Vulkanen Sirane (etwa 6 km W) und Asama (etwa 20 km SW von Kusatu) beherrscht (Lagepläne vergl. Kuroda). Die postvulkanischen Quellen, die zum Sirane gehören, entspringen auf einer Strecke von etwa 1 bis 1.5 km am Grunde einer Talsenke, die nach W hin ansteigt (Sainokawara) und, wie es scheint, einen flachen nach S offenen Bogen bildet. Die beiden am tiefsten und am weitesten im O gelegenen Hauptquellen Yubatake und Sirane (Wasinoyu und Tiyonoyu wurden nicht besucht) weisen die stärksten und höchsttemperierten Einzelschüttungen und zugleich die kräftigsten Schwefelausfällungen auf. Die letzten westlichen Quellen von Saino-

kawara entspringen unmittelbar unterhalb der Straßenbrücke, etwa 100 m höher als Yubatake. Jedoch sind oberhalb der Straßenbrücke im derzeit trockenen Bachbette noch Spuren zeitweiliger thermaler Tätigkeit zu erkennen. Die Gesamtzahl der Einzelaustritte kann nicht angegeben werden, da neben 27 größeren, wasserreichen Einzelquellen (vergl. Kuroda) vor allem im Sainokawara-Abschnitt an vielen Stellen kleine und kleinste thermale Rinnsale aus dem Steinschutt hervortreten. Zwanglos lassen sich die Quellen nach ihrer räumlichen Verteilung in 3 Gruppen gliedern:

a) Die Hauptquellen des Orts, vor allem Yubatake, Sirahata, Wasinoyu usw. und deren Nebenaustritte;

b) Die untere Sainokawara-Gruppe, die etwa in der Höhe des Kusatu-Hotels beginnt und bis zum kleinen Wasserfall in der Nähe des Bälz-Denkmal reicht. Die hier zu Tage tretende Gesamtschüttung dürfte nur wenig hinter der der vorgenannten Gruppe zurückstehen.

c) Die obere Sainokawara-Gruppe oberhalb des genannten kleinen Wasserfalls besteht gleichfalls noch aus zahlreichen, z.T. sehr ergiebigen Einzelaustritten, doch macht sich hier bereits ein deutliches Abklingen der Thermalaktivität und reicherer Zustrom nicht thermaler Grundwässer bemerkbar (tA-Werte). In einzelnen Randquellen findet sich demgemäß auch eine etwas größere Artenzahl.

Die Verteilung der Quellen und ihrer tA im Gelände erlaubt u.a. die folgenden Schlüsse: Der bei \pm großen Konzentrationsunterschieden grundsätzlich chemisch einheitliche Charakter der Schüttungen deutet darauf hin, daß alle Quellen von einem gemeinsamen thermalen Quellstrom, der in geringer Tiefe eines stark klüftigen oder weitporigen Untergrundes zu suchen ist, gespeist werden. Die Austritte der Hauptthermen Yubatake und Sirahata (höchste tA und stärkste Einzelschüttungen bei größtem Reichtum an ausfällbarem S und höchster Gesamtkonzentration) liegen der tragenden Schicht offenbar am nächsten. Ferner darf angenommen werden, daß die Thermalerscheinungen von Kusatu durch postvulkanische Abgase (S-reiche Fumarolen) entstehen, die in einem ausgedehnten Grundwasserkörper ihr Ende finden. Die verhältnismäßig hohen tA deuten im Verein mit den starken S-Ausfällungen und dem

Gehalte an freien Säuren darauf hin, daß der Anteil der Fumarolengase auch mengenmäßig in den Schüttungen erheblich ist. Oanas Ergebnisse über den Gehalt an schweren Wasserisotopen bestätigen diese Annahme in gewissem Sinne.

Tabelle 1: tA-Veränderungen der wichtigsten Austritte:

Quelle	tA °C			
	Divers 1889	Ishizu Apr. 1913	Oana Aug. 1941	Schwabe März 1942
Yubatake	—	58.0	63.0	—
Takimoto	66	64.4	—	—
Kunshinoyu	—	—	54.0	—
Wasinoyu	—	60.0	56.0	—
Zizōnoyu	63	56.5	60.0	—
Gozanoyu	66	63.9	—	—
Sainokawara kami.	—	49.5	51.0	—
„ simo.	—	43.0	51.7	—
Netunoyu	64.5	56.0	61.2	—
Sirahatanoyu	—	58.0	63.0	—
Tiyonoyu	—	56.0	56.0	—
Naginoyu	46	—	45.5	—
Niegawanoyu	—	—	58.5	—

3. HYDROLOGISCHE ANMERKUNGEN:

Auffallend ist ferner die geringe tA-Veränderlichkeit der Quellen im Laufe der letzten Jahrzehnte (vergl. Kuroda u. Tab. 1). Gerade in einem so vulkannahen und dabei noch sehr niederschlagsreichen Gebiete wären eigentlich größere tA-Schwankungen zu erwarten, da sowohl die Grundwasserströme, die in Berührung mit den vulkanischen Abgasen treten, in ihrer Menge und in ihren ursprünglichen Temperaturen wenigstens jahreszeitlichen Veränderungen unterworfen sind, als auch die Stärke der Fumarolentätigkeit (vor allem Druckschwankungen) in so aktiven Gebieten durch längere Zeiträume keineswegs konstant zu bleiben pflegt. Die geringe tA-Veränderlichkeit läßt sich ebenso wie in vielen ähnlich gelagerten Fällen wohl am natürlichsten folgendermaßen erklären: Wenn Grundwasserströme nicht thermalen Ursprungs mit postvulkanischen Abgasen — also zwei an sich \pm stark veränderliche Erscheinungen — zusammenwirkend zur Bildung von verhältnismäßig wenig veränderlichen Thermalerscheinungen führen, so ist anzunehmen, daß für den Zustrom

sowohl des Grundwassers wie der Abgase zum thermalen Reaktionsraume das begrenzte Leitungsvermögen (also die Klüftigkeit oder Porigkeit) der Stromwege ausgleichend wirkt. Nur unter dieser Voraussetzung wird verständlich, warum so zahlreiche postvulkanische Thermen in ihren tA-Werten überhaupt in hohem Maße unveränderlich bleiben können.

Eine allgemeine thermalhydrologische Betrachtung mag hier kurz zur Erläuterung beitragen. Bei der hydrologischen Behandlung einer Therme, deren Entstehung auf einen ins Grundwasser eintretenden Abgasstrom zurückgeführt wird, sind grundsätzlich eine Anzahl ganz verschiedener Anteile zu unterscheiden, die hier im Hinblick auf die für Kusatu angenommenen Verhältnisse benannt werden sollen. **Zustromwasser** und **Zustromgase** treffen sich im **thermalen Reaktionsraum**. Hier erfolgt ihre Durchmischung, wobei unter \pm hohem Drucke die Gase völlig in Lösung gehen (**gelöste Zustromgase**) oder **freie Gasreste** übrigbleiben. Diese nehmen entweder ihren eigenen Weg zur Erdoberfläche und bilden hier **geläuterte Fumarolen** (sekundäre Fumarolen) oder sie werden mit dem thermalen Quellstrom zum gemeinsamen Austritte gefördert. Es ist jedoch zu beachten, daß der thermale Quellstrom von Anfang an in seinen gelösten und freien Gasen einen \pm hohen, aus dem Zustromwasser stammenden Anteil atmosphärischer Herkunft enthält. — Mit der Druckverminderung auf dem Wege zum Austritte werden in steigendem Maße bisher gelöste Zustromgase wieder frei und treten nunmehr als **Entlastungsgase** in Erscheinung. Ferner treten in den Quellstrom **Fremdwässer** ein, die gewöhnlich nicht thermalen Ursprungs sind und damit den bisherigen chemischen und thermischen Charakter des Quellstroms weiter verändern. Diese Fremdwässer bringen in der Regel gleichfalls **gelöste Fremdgase**, meistens atmosphärischen Ursprungs, mit, die infolge der Erwärmung zum großen Teile wieder aus der Lösung ausgeschieden werden und nun als **freie Fremdgase** im Quellstrom mitgeführt werden. Ferner können im Laufe des Quellstroms durch chemische Umsetzungen und Entlastung aus chemischen Bindungen befreite Gase als **freie Reaktionsgase** (etwa H_2S aus Alkalisulfiden) hinzutreten. Die Schüttung im Austritt besteht demnach aus einer Mischung von thermalem Quellstromwasser mit Fremdwässern, in der neben Zustromgasen und Reaktionsgasen vielleicht noch Reste von Fremdwassergasen gelöst sind, und aus einem freien Gasgemisch,

das sich nach seiner Herkunft aus freien Gasresten, Entlastungsgasen, Fremdgasen und Reaktionsgasen zusammensetzt. Schon dieser schematische Überblick läßt erkennen, wie verwickelt die Zusammensetzung so einfach erscheinender thermaler Schüttungen für die hydrologische Herkunftsbetrachtung ist. Zugleich wird auch deutlich, in wie hohem Maße demnach thermale Schüttungen im Austritte chemisch unausgeglichen sein müssen.

Der Vollständigkeit halber ist noch auf die Verluste hinzuweisen, die der flüssige und gasförmige Quellstrom auf seinem Wege zum Austritte erleidet. Er verliert Wärme, Gase verschiedener Herkunft (einschließlich Wasserdampf), die u. U. an der Erdoberfläche in der Quellumgebung geläuterte Fumarolen oder Warmböden bilden können ¹⁾, und schließlich durch Ausfällung (infolge Abkühlung, chemischer Reaktionen, Druckverminderung und Entgasung) auch ursprünglich gelöste Substanzen, die dann zu **Quellstromintern** werden. Endlich ist noch zu bedenken, daß der Quellstrom von seinem Ursprunge an in wechselnder Stärke auch mit den Gesteinen des Grundes in Reaktion tritt und auf ihre Bestandteile je nach Druck, Temperatur und Chemismus in \pm starkem Maße lösend wirkt.

Leider ist es bisher nur zum kleinsten Teile möglich, chemische Gas- und Wasseranalysen so auszuwerten, daß die hydrologische Herkunft der einzelnen Anteile geklärt und damit Aufschlüsse über den Thermalmechanismus vorm Austritte gewonnen werden könnten. Derartige Untersuchungen wären gerade für eine Anzahl biologischer und balneologischer Aufgaben von größtem Werte, insbesondere für das Verständnis chemischer Unausgeglichenheiten und ihrer biologischen Bedeutung.

Auf Grund von Beobachtungen an zahlreichen Thermalfeldern in Island und Chile und in Übereinstimmung mit den Verhältnissen in Kusatu kann unter Vorbehalt weiterer Prüfungen vorläufig folgende **allgemeine thermalhydrologische Regel** aufgestellt werden: In einem

1) Ökologisch bedeutungsvoll ist der Umstand, daß in unmittelbarer Nachbarschaft der Austritte sehr häufig geringe Mengen warmer Gase aus dem Boden entweichen. Diese haben natürlich einen Einfluß auf die Besiedlung der Austrittsumgebung.

Thermenfelde mit einem einheitlichen Quellstrome stehen für die einzelnen Austritte tA-Werte und chemische Faktoren (pH, Alk oder Az, Gesamtkonzentration, Konzentration bestimmter Ionen, Gasschüttung u.a.) in einem umso engeren gleichsinnigen Abhängigkeitsverhältnisse voneinander, je

1. reicher, konzentrierter und heißer die thermale Schüttung ist;
2. geringer und gleichmäßiger die Fremdwassereinflüsse sind (geringes Leitungsvermögen);
3. kleiner die Entfernungen zwischen Austritt und thermalem Reaktionsraume sind.

Tabelle 2: Vergleichende Beobachtungen an einigen Austritten (6.-8. III. 42):

Quelle oder Quellgruppe	tA C°			pH	Az	Anmerkungen
	Halde	Talsohle				
1. Yubatake		62.6	62.5 62.7	1.5	57.0	S
2. Untere Sainokawara-Gr.	52.8 51.9			1.5	51.0	S schwach C reichl.
3.	49.8			—	—	C
4.	46.8 46.5			1.5	45.0	C
5.	52.3			—	—	S schwach C reichl.
6.		54.8	55.0 55.0	1.5	55.0	S
7.		56.9	57.1 56.9 57.1	1.5	54.8	S ¹⁾
8.	46.8 48.2	47.5	47.9	1.5	46.4	C ²⁾
9. Obere Sainokawara-Gr.	33.6 33.1	33.0	33.2	2.0	16.0	grüne Algen!
10.		40.2	40.0 39.3	1.5	—	S
11.		47.9	49.8 49.7	1.5	—	S
12.		44.8		1.5	—	S, höchste Quelle

Erkl.: S=Schwefelfällung } im Austritte
C=Cyanidium-Bestände }

Die unter Nr. 2 und Nr. 5 angeführten Austritte sind in dieser Hinsicht Grenzfälle — Nr. 9 ist die mehrfach erwähnte kleine Randtherme der oberen Sainokawara-Gruppe.

¹⁾ Austritt „Sainokawara S“, vergl. Kuroda Tabelle 3.

²⁾ Austritt „Sainokawara C“, „ „ „ „ 3.

4. ZUR VERTIKALEN VERTEILUNG DER AUSTRITTE:

Einen Überblick über die tA-Werte der Kusatu-Thermen bietet Tabelle 1. Da mir bei unserem Besuche die meisten Quellnamen nicht bekannt waren, konnten die Meßergebnisse der Tabelle 2 außer Yubatake nicht in Tab. 1 eingeordnet werden. Diese Messungen wurden zwischen 6. und 8. März 1942 zu verschiedenen Zeiten in Abständen von jeweils mindestens 6 Stunden gemacht. Um die Tabelle nicht unnötig weit auszubauen, wurden die einzelnen Meßzeiten weggelassen, zumal eine tA-Analyse auf Grund so weniger Zahlen unmöglich ist. Bei benachbarten Austritten entspringen die höher temperierten Schüttungen gewöhnlich in etwas tieferen Lagen als die weniger heißen. Jedoch ist diese räumliche Verteilung viel weniger klar ausgeprägt als die durch die Stärke der S-Ausfällungen gegebene: Die Austritte der Talsohle zeigen auffallend reichere Ausfällungen als die der Halde, und zwar nimmt hier wiederum die Schwefelmenge von den am tiefsten gelegenen Quellen Yubatake und Sirahata nach den höher gelegenen bis hinauf zur oberen Sainokawara-Gruppe ziemlich regelmäßig ab. Die tA spielt dabei, wie die Tabelle 2 zeigt, keine entscheidende Rolle. Senkrecht zu der Richtung Yubatake — obere Sainokawara-Quellen, also von der Talsohle zu den Halden hin ist diese Abnahme auf kürzeste Entfernungen und geringste Höhenunterschiede noch viel deutlicher ausgeprägt. Diese Erscheinung wird hier noch besonders eindrucksvoll dadurch, daß die Hangquellen im scharfen Gegensatz zu den hellgelben Niederschlägen in Austritten der Talsohle ausgedehnte und leuchtend blaugrüne Bestände von *Cyanidium caldarium* aufweisen. Danach empfangen offenbar die Quellströme der Haldenaustritte größere Fremdwassermengen als die der Talsohle und besonders als die der beiden Hauptquellen (vergl. Tab. 2 und S. 28). Während die wenigen angeführten Az-Bestimmungen diesen Schluß bestätigen, sind die pH-Messungen abgesehen von einem Falle (pH=2) in diesem Sinne nicht brauchbar, weil die gemessenen pH-Werte an der Grenze der kolorimetrischen Bestimmbarkeit liegen. — Schließlich sei darauf verwiesen, daß auf Grund wochenlanger Serienmessungen an den Thermen von Puyehue (S-Chile) unter gleichzeitiger Beachtung meteorologischer Erscheinungen genau entsprechende Eigentümlichkeiten

der Haldenaustritte eindeutig festgestellt wurden. Über diese Untersuchungen soll später ausführlich berichtet werden.

5. ÜBER DIE LEBENSÄUERE UND IHRE INGLIEDERUNG (STRUKTUR):

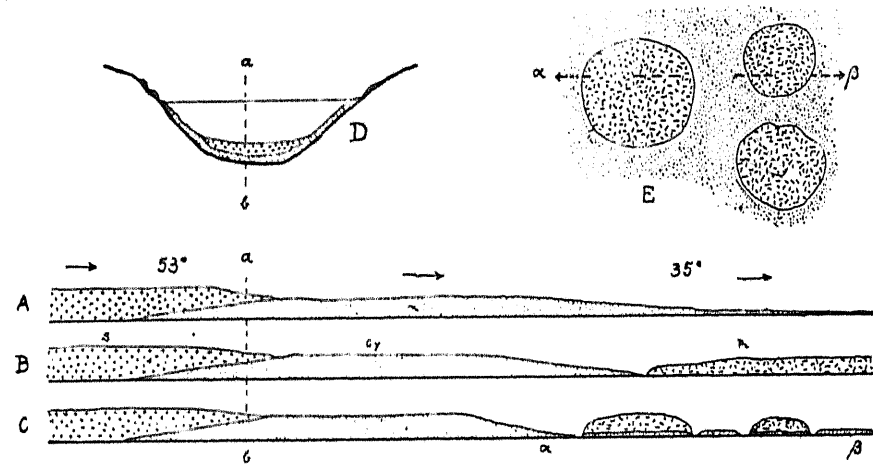
Wenden wir uns nach dieser allgemeinen Umschau der ökologischen Betrachtung der Kusatu-Thermen zu, so fällt bei einem Rundgang schon mit bloßen Augen infolge der verschiedenen Färbungen die große biologische Gliederung der Gewässer auf. Die hellgelben Flächen der S-Ausscheidung, die ausgedehnten, leuchtend blaugrünen Cyanidium-Bestände, die hell- bis dunkelolivbraunen Diatomeen-Lager und die spärlichen aber etwas artenreicheren saftig- oder schmutziggrünen bis rotbraunen Filze von Zygnemalen und anderen grünen Algen, die gewöhnlich mit Hepaticen gemeinsam einige spärliche Randthermen und Rinnsale besiedeln, erscheinen auffallend scharf voneinander getrennt. Flächenmäßig übertreffen die an zweiter und dritter Stelle genannten Bestände von Cyanidium und Pinnularia die gelben Schwefelfelder und vor allem die zuletzt genannten und auf die obere Sainokawara-Gruppe beschränkten Algenfilze bei weitem.

Schwefelabscheidung:

Die S-Abscheidung erfolgt, jedenfalls in den Austritten von Yubatake und Sirahata weit überwiegend rein chemisch und ohne Mitwirkung von Lebewesen. In den Sammelrinnen für Schwefel der Quelle Yubatake scheint die abiogene S-Fällung nach etwa 40 m Abflußstrecke bei tW um 57° im Wesentlichen beendet zu sein.¹⁾ Aus dem Austritte von Yubatake entnommenes klares Wasser trübt sich bei Abkühlung auch bei Luftabschluß im Laufe einiger Stunden etwas. Zugleich verstärkt sich der Geruch nach H₂S. Das Wasser ist also in dieser Hinsicht zweifellos sehr instabil. Von 60° an abwärts scheinen im allgemeinen in Kusatu Schwefelbakterien in

1) An sonstigen abiogenen Ausscheidungen des Quellwassers sind nur noch in den Uferlinien und im Tropf- und Sickerwasser heißer Austritte in verhältnismäßig geringem Umfange gebildete Verdunstungssinter zu nennen, von denen Ishizu Analyseergebnisse mitteilt. Es handelt sich vorwiegend um Sulfate.

Abbildung 1:



Ingliederung (Struktur) der Lebensräume (schematisch):

Kreuzchen: Schwefelabscheidungen;
 punktiert: *Cyanidium caldarium*;
 gestrichelt: *Pinnularia brauni* var. *amphicephala*.

- A: Austritt mit S-Fällung (links), die im Abfluß von *Cyanidium* unterlagert ist. Bei etwa tW 35° nehmen dann die Blaualgenbestände allmählich ab. (Die Pfeile geben die Abflußrichtung an.)
 B: wie voriges, jedoch schließen an die *Cyanidium*-Bestände ± scharf abgesetzt solche von *Pinnularia* an.
 C: wie voriges, jedoch mit Ringfleck-Lagern in der Übergangszone. (Erklärungen siehe Text, S. 49).
 D: Querschnitt a—b durch einen Abfluß mit abklingender S-Fällung und *Cyanidium*-Unterlagerung. Erst in dieser Zone bildet *Cyanidium* Uferlinienlager mit kapillarer Versorgung.
 E: Ringfleck-Lager schematisch in Aufsicht (vergl. C). Die unbesiedelten Ringe fallen in der Natur infolge der Farbunterschiede erheblich mehr in die Augen als in diesem Schema.

steigendem Maße an der S-Fällung beteiligt zu sein, wie die hier auftretenden fädigen Bildungen vermuten lassen. Sie dürften danach um etwa 50° tW optimale Bedingungen in Austritten finden, sind aber auch noch bei tA um 37°–40° in kräftiger Entwicklung zu finden. Ob die festgestellten fädigen Bestände tatsächlich an der S-Ausfällung beteiligt sind, oder ob es sich vielmehr nur um S-oxydierende Arten handelt, sei dahingestellt.

Cyanidium caldarium (Tilden) Geitler.

Ohne scharfe Abgrenzung schließen bei tW von 55° an abwärts an den Bereich der S-Fällung die Lebensräume von *Cyanidium caldarium* an. In der Übergangszone sind die Blaualgen gewöhnlich so stark mit S überlagert, daß sie erst nach

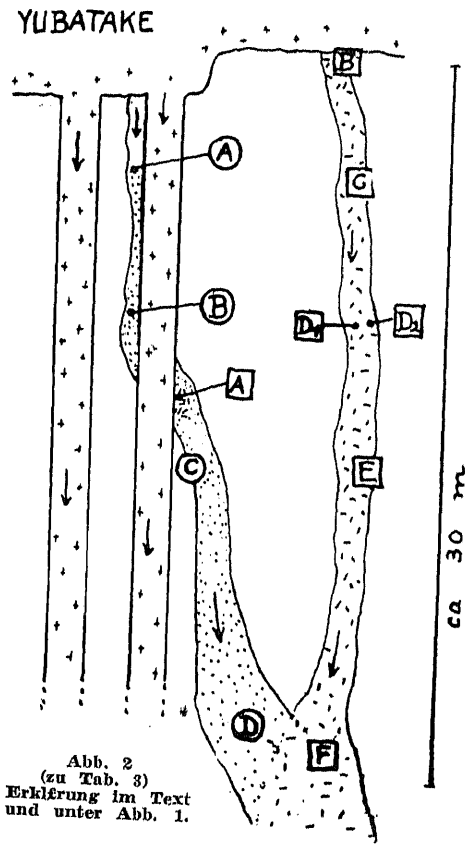


Abb. 2
(zu Tab. 3)
Erklärung im Text
und unter Abb. 1.

Abtragung der deckenden Schicht sichtbar werden. Der Lichtgenuß der *Cyanidium*-Lager ist an diesen Orten also verringert. Ein fleckiges Mosaik von Schwefelfällungen und Blaualgenbeständen in der Übergangszone wurde nirgends gefunden. Für das Gedeihen von *Cyanidium* scheint eine gewisse Verminderung des ursprünglichen Gehaltes an ausfällbarem Schwefel (nach Beobachtungen in mehreren Austritten) erforderlich zu sein, denn die Entwicklung unterbleibt auch in solchen schwefelreichen Austritten, deren tA das Vorkommen von *Cyanidium* durchaus ermöglichen könnte, und stellt sich in ihnen erst im Anschluß

an ± kräftige S-Rasenbildungen im Abflusse ein. Chemische Untersuchungen über diese Verhältnisse liegen nicht vor. Es ist anzunehmen, daß abiogene S-Fällung im Wasser durch Berührung mit schon ausgefälltem S gefördert und beschleunigt wird. So sind bei tW 50°-55° in Rinnsalen von Yubatake und anderen Quellen, deren Wasser in unmittelbarer Austrittsnähe durch eine 1-2 cm dicke S-Schicht filtrierte, mit

Tabelle 3: Standort-Temperaturen (tW) von *Cyanidium caldarium* und *Pinnularia brauni* var. *amphicephala* in Abflüssen von Yubatake. Hierzu Abb. 2.

Tag:	6. März	7. März	8. März	1942	
Stunde:	10h	17h	8h	18.30h	8.30h
Bedeckung:	¼	½	1	½	0
Wind:	3!	1	1	3!	1
tL:	(11.0° ¹⁾	6.0°	+2.1°	+2.2°	-8.7° ²⁾

Standort:	tW °C					Anmerkungen
	(A) <i>Cyanidium</i> (B) <i>Cyanidium</i> (C) <i>Cyanidium</i> (D) <i>Cyanidium</i>	55.0	54.3	54.3	52.3	
(B)	52.1	52.5	52.1	50.1	51.5	optimal, schattig
(C)	49.1	49.2	48.9	45.6	48.2	optimal, schattig
(D)	41.3	40.1	40.1	38.9	40.1	therm. Untergrenze, dünner Beschlag, voll belichtet.
(A) <i>Pinnularia</i>	41.3	43.4	41.6	38.2	38.8	obere Temp.-grenze, Inselvorkommen im vorigen
(B)	34.6	32.8	31.5	30.5	27.1	mäßig entwickelt, voll belichtet
(C)	32.2	25.6	23.6	23.9	22.0	optimal entwickelt, voll belichtet
(D ₁)	34.0	27.2	25.6	25.9	22.4	„ „ „ „
(D ₂)	29.4	24.0	22.8	23.1	19.1	„ „ „ „
(E)	30.2	24.2	23.4	24.2	21.0	„ „ „ „
(F)	34.7	33.5	30.7	32.5	30.1	mäßig entwickelt, voll belichtet

bloßem Auge keine Schwefelrasen oder -fällungen, wohl aber ± kräftige *Cyanidium*-Bestände zu erkennen. Auch der Umstand, daß in Sainokawara-Austritten und -Abflüssen S-Rasen von *Cyanidium* unterlagert sind, ist als Bestätigung für diesen Schluß aufzufassen, wenn sich herausstellt, daß in den betreffenden Austritten das oberflächliche Fehlen von *Cyanidium* mit der noch nicht erfolgten S-Fällung im Zusammenhang steht.

Tabelle 2 läßt einen weiteren begrenzenden Faktor für das Gedeihen von *Cyanidium* hervortreten: Im Aziditätsbereiche >16.0 ccm bis 46.4 ccm dringt *Cyanidium* bis in die Austritte selbst vor. Eine nennenswerte S-Fällung fehlt diesen Quellen. Bei Az=51.0 ccm und

1) zeitweilig Regenschauer, vorher starker Regen; !=Wind böig.
2) vorher etwas Neuschnee.

darüber breiten sich dagegen im Austritte kräftige S-Rasen aus, während *Cyanidium* hier jedenfalls oberflächlich fehlt und sich erst in einiger Entfernung im Abflusse einstellt. Bei $Az=16.0$ ccm kamen weder S-Rasen noch *Cyanidium*-Bestände vor. Letzterer Umstand ist besonders auffällig. Die kleinen Randthermen, an denen er beobachtet wurde (vergl. Tab. 2), sind wahrscheinlich nur temporär, fremdwasserreicher und damit chemisch ausgeglichener, verändern sich aber gleichzeitig in ihrer Ergiebigkeit und im Chemismus der Schüttung erheblich in Abhängigkeit von meteorologischen Vorgängen, so daß diese Faktoren zusammen mit der niedrigen Temperatur für das Fehlen von *Cyanidium* verantwortlich sein könnten. Andererseits fällt auf, daß im *Pinnularia*-Bereich (vergl. S. 45) keine oder nur äußerst spärliche *Cyanidium*-Bestände vorkommen, obwohl hier die tW bei 30° und höher liegt und die Az gewiß erheblich höher ist als bei genannten Randthermen. Für diese merkwürdigen Erscheinungen sind nur zwei Erklärungsmöglichkeiten gegeben:

1. Es besteht eine ausschließende oder stark hemmende Wechselwirkung (biologischer Antagonismus) zwischen *Cyanidium* und *Pinnularia*. (Vergl. S. 49).

2. Das *Cyanidium* von Kusatu ist als eigene physiologische Varietät, die an sehr hohe Az des Wassers, vielleicht auch an hohe tW gebunden ist, anzusehen.

Die erste Annahme hat von vornherein die größere Überzeugungskraft. — Da die zugehörigen pH Werte durchweg an der unteren Grenze der kolorimetrischen Bestimmbarkeit liegen, können sie in diesem Zusammenhange nicht ausgedeutet werden.

Nachdem nunmehr ein gewisser Höchsttemperaturbereich — in Tab. 3 und 5, — ein maximaler Gehalt an ausfällbarem Schwefel und eine stärkste Az des Wassers als lebensraumbegrenzend für *Cyanidium* in Rechnung gestellt wurden, wären noch die unteren Grenztemperaturen zu erläutern. Hier aber ergibt sich jene aus vielen thermalbiologischen Untersuchungen bekannte Schwierigkeit der Grenzbestimmung. Während für die meisten Lebewesen des thermalen Raums die obere Grenztemperatur (mit geringfügigen Schwankungen, die wohl vor allem von chemischen Faktoren und von Lichtverhältnissen abhängen,) von Fall zu Fall ver-

hältnismäßig scharf festzulegen ist, bleibt die untere Grenze gewöhnlich sehr verschwommen. Dafür dürften folgende Gründe bestimmend sein:

1. Mit der Entfernung vom Austritte pflegt der Schwankungsbereich der tW (Temperaturamplitude) zu wachsen. Damit wird einerseits die Bestimmung praktisch erschwert (umfangreiche Reihemessungen oder Versuche erforderlich) und andererseits wirkt die **Temperaturschwankung** als solche in steigendem Maße als begrenzender Faktor.

2. In Abflüssen können Lebewesen durch Strömung in tiefere Temperaturbereiche befördert werden, in denen sie sich wohl eine gewisse Zeit erhalten, sich aber nicht weiter entwickeln können, bzw. von anderen Arten verdrängt werden. Auch deshalb sind bei solchen Untersuchungen Standorte im Austritte und in Austrittsnähe sorgfältig von denen im Abflusse und in größeren Entfernungen von der Quelle zu unterscheiden.

3. Die unteren Temperaturgrenzen liegen für die meisten Bewohner des thermalen Raums offenbar unterhalb des thermalen Temperaturbereichs.

4. Schließlich überschneiden sich gewöhnlich mit fallender Temperatur die Lebensbereiche einer ansteigenden Artenzahl. So dürfte häufig die untere Grenze einer Art etwa in den Bereich der Bestentwicklung einer anderen fallen und damit praktisch nicht mehr bestimmbar sein.

Daher tritt praktisch in den meisten Fällen an die Stelle einer unteren Grenztemperatur die biologische Begrenzung: Der Bereich der einen Art wird von dem der Bestentwicklung einer anderen \pm scharf begrenzt. Die Festlegung solcher Grenzen wird umso schwieriger und fragwürdiger, je mehr Arten in Mischbeständen vereint sind. (Hier müssen ebenso wie bei der Untersuchung der oberen Grenztemperatur und ihrer Abhängigkeiten von Verhältnissen des Lichts und des Chemismus thermalökologische Freilandversuche und Laboratoriumsexperimente einsetzen und die bestehenden Fragen klären.)

Man sollte daher besser vorläufig nicht von einer unteren Grenztemperatur sprechen, weil dies leicht zu Fehlschlüssen führen kann. Statt dessen sei die allgemeinere Bezeichnung der **thermalen Untergrenze**, die also genau so wie eine **thermale Obergrenze** sowohl durch tW wie durch chemische oder auch biologische Verhältnisse gegeben sein kann, eingeführt.

Über diese thermale Untergrenze von *Cyanidium* läßt sich in Kusatu folgendes feststellen:

1. Wie aus kapillar versorgten Beschlägen an Sintern hervorgeht, die am Rande kleiner Rinnsale vorkommen, erträgt *Cyanidium* dauernde starke Temperaturwechsel ausgezeichnet. Gut entwickelte Beschläge können offensichtlich noch bei durchschnittlichen Standorttemperaturen um 30° entstehen. (Ein Vorkommen an solchen Standorten weist übrigens darauf hin, daß die betreffende Art auch gegen höhere Konzentrationen der im Wasser enthaltenen Elektrolyte widerstandsfähig sein muß. Bezeichnend für den ungewöhnlich stark abweichenden chemischen Charakter der Kusatu-Wässer ist die Tatsache, daß von *Cyanidium* abgesehen Uferlinien und Zwischenzonen unbesiedelt sind. Allein an den wenigen abweichenden Randquellen der oberen Sainokawara Gruppe (Tab. 2) sind diese Zonen besiedelt.)

2. Die thermale Untergrenze in Abflüssen liegt im Bereich der Bestentwicklung von *Pinnularia*. Zwischen ihr und *Cyanidium* scheint eine hemmende oder ausschließende Wechselwirkung zu bestehen (vergl. S. 49).

3. In Wasserkörpern von tW 30° und darunter wurden keinerlei *Cyanidium*-Beschläge gefunden. (Leider wurde nicht festgestellt, ob in der Uferlinie von Abflüssen mit *Pinnularia*-Beständen *Cyanidium* vorkommt. Leicht erkennbare Lager treten dort jedenfalls bestimmt nicht auf.)

Es ergibt sich daraus, daß die unteren Grenzen für kräftige Entwicklung von *Cyanidium*-Beständen anscheinend viel stärker von chemischen und biologischen Verhältnissen bestimmt werden als die thermale Obergrenze, die in Kusatu eindeutig von der tW abhängt. Abgesehen von Eigentümlichkeiten der Lagerbildung (S. 45 ff.) sind für eine nähere ökologische Kennzeichnung noch die Licht- und Untergrundverhältnisse am Standorte bemerkenswert. In kleinen Quelhöhlen, zwischen Steinen und in Sinterspalten sowie an der Unterseite der Schwefel-Sammelrinnen von Yubatake gedeihen tief blaugrüne und offensichtlich sehr lebenskräftige Bestände der Art unter **stark verringerter Belichtung** (vergl. auch Unterschichtung von S-Fällungen, S. 37). Ähnliche Eigenschaften zeigt die var. *chilensis* (S. 43). Es scheint so, als ob eine gewisse Licht-

verringern das Wachstum von *Cyanidium* auch in Kusatu weitgehend unabhängig von der Temperatur fördert, während Lager in voller Besonnung eine geringere Entwicklung zeigen (Tab. 3). Damit taucht die Vermutung auf, daß die Alge gewisse chemosynthetische Fähigkeiten besitzen könnte. Tatsächlich ist festzustellen, daß die Zellen, die in größerer Quellferne einen ziemlich gleichförmigen Inhalt haben, umso mehr lichtbrechende Körnchen enthalten, je näher ihr Standort der Quelle und damit der S-ausfällenden Zone liegt. Wenn sich ergeben sollte, daß diese Körnchen, ähnlich wie bei *Beggiatoa* und anderen Arten S-Fällungen sind, dann wäre an chemosynthetischen Fähigkeiten von *Cyanidium* kaum noch zu zweifeln. Auf Grund vorstehender Vermutungen begann soeben Herr Prof. Dr. H. Tamiya (Bot. Inst. Kaiserl. Univ. Tokyo) mit experimentell-physiologischen Untersuchungen über *Cyanidium*, deren Ergebnisse auch thermalökologisch von größtem Interesse sein werden. — Hinsichtlich des Untergrunds ist die Alge nicht wählerisch, wenn auch Sinterflächen oder Steine bevorzugt zu werden scheinen. Die Bindung an den Untergrund ist gering, die Lager lassen sich mit dem Finger leicht wegwischen und machen dann den Eindruck einer dünnflüssigen Paste. Trotzdem scheint für gutes Gedeihen ein rascher Wasserwechsel, im Wasserkörper selbst also eine mäßige bis starke Strömung erforderlich zu sein. Kapillar versorgte Uferlinien zeigen ja im ökologischen Sinne gleichfalls einen lebhaften Wasserwechsel. Daß z.B. an toten Vegetabilien Lager seltener, dann aber in nicht weniger guter Entwicklung gefunden werden, kommt einfach daher, daß solches Material in fließenden Gewässern nicht häufig ist oder nicht liegen bleibt. Biogene Schlamm wurden im *Cyanidium*-Bereich nicht gefunden.

Damit ist, soweit das auf Grund der wenigen Beobachtungen möglich war, der thermalökologische Charakter der Art für Kusatu grob umrissen.

Cyanidium caldarium var. *chilensis* Schwabe.

Zum ökologischen Vergleich sei hier kurz über var. *chilensis*, die früher als eigene Art (vergl. Schrifttum 8. S. 119) beschrieben wurde, berichtet. Wegen der großen morphologischen Ähnlichkeit mit *C. caldarium* kann diese eigene Art nicht aufrecht erhalten werden.

Einige kleine Abweichungen und vor allem der grundsätzlich andersartige ökologische Charakter machen jedoch die vorläufige Beibehaltung der var. *chilensis* und ihrer fa. *rumpens* notwendig.

- Fundorte:** 1. In Brandungshöhlen von Ramuntcho bei Talcahuano (Mittelchile) am 11. 10. 1936;
2. In Küstenhöhlen bei Zapallar am 27. 10. 36; 1. 11. 36 und 25. 2. 41.

Die von der Art besiedelten Steinflächen zeigen anfangs einen zarten blaugrünen Anflug, bei stärkerer Entwicklung scheinen sie von leuchtend blaugrünem Pulver bestaubt, schließlich bedecken dichte und mehrschichtige Beschläge größere Flächen mit schwarzgrünen, bis 1 mm dicken und oberflächlich manchmal etwas höckerigen Schichten. Die Lager sind nie schleimig, meist \pm bröckelig. Trotz dichter Lagerung platten sich die Zellen kaum gegenseitig ab. Die Lager haben gewöhnlich keine scharfen Grenzen sondern pflegen nach den Rändern hin in immer dünnere und lockerere Beschläge überzugehen, wie es für diese Lagerform typisch ist. Die blaugrünen Zellen von $3.5\mu-6\mu \phi$ weisen häufig Schrumpfungerscheinungen ihres Inhalts auf. Sie zeigen manchmal eine langsam rotierende Eigenbewegung (in Wasser), die durch Formalinzusatz zum Stillstand kommt, also nicht durch Brown'sche Bewegungen vorgetäuscht wird. Typische Endosporenbildung findet in Zellen von $4.5\mu-6\mu \phi$ statt. Die Membran der Mutterzelle scheint nicht zu verschleimen sondern gesprengt zu werden. Die Endosporen haben $1.8\mu-3\mu \phi$. Oft, besonders bei der hier folgenden fa. *rumpens* entwickeln sich nicht alle Endosporen weiter, so daß *chroococcus*-artige Teilungen vorgetäuscht werden können. — Da die Zellen einen Kern zu besitzen scheinen, ist, wie schon Geitler betont, die Stellung der Art im System unsicher.

C. caldarium var. *chilensis* fa. *rumpens* n. fa.: Diese etwas abweichende, aber zur gleichen Varietät gehörige Form wurde im Februar 1941 in feinen und feinsten Felsspalten an der pazifischen Steilküste von Viña del Mar bei Valparaiso nach planmäßigem, auf ökologische Erwägungen begründeten Suchen tatsächlich gefunden. Die geringen morphologischen Abweichungen sind wohl nur ökologisch bedingt. Die Membranen sind noch fester als bei var. *chilensis* und enthalten nicht

selten 8 und mehr Endosporen, die aus zwei oder mehr Zellen entstanden sind, deren Membranen \pm vollständig erhalten blieben. Außerdem schrumpft der Protoplast oft bis zur Größe von Endosporen ($1.5\mu-3\mu \phi$). Freie Endosporen finden sich in diesen Lagern gewöhnlich massenhaft, während sie in Lagern der typischen var. *chilensis* seltener sind. — Wahrscheinlich spielt fa. *rumpens* nicht nur chemisch eine gewisse Rolle bei der natürlichen Aufbereitung der Granitfelsen. Die kleinen Endosporen dringen tief in feinste Haarspalten ein und üben dort natürlich bei Massenansammlung einen nennenswerten Wachstums- und Quellsdruck aus. Diese Haarspalten, in die die Endosporen durch Regen oder bei hoher Brandung durch Seewasserspritzer hineingeschwemmt werden, sind außen oft mit Salz und Staub verkrustet.

Die außergewöhnlichen Eigenarten der genannten Lebensräume machen ohne weiteres verständlich, daß sowohl die var. *chilensis* wie deren fa. *rumpens* ausschließlich in Reinbeständen gefunden wurden. Angrenzend an diese Bestände wurden bei Ramuntcho einige Diatomeen (vergl. Schrifttum 5) feucht und bei Zapallar eine *Pleurococcus*-Art lufttrocken gefunden.

Die bisherigen Fundorte des hier erwähnten Materials lassen sich zum Unterschiede vom typischen *Cyanidium caldarium* folgendermaßen kennzeichnen:

1. Alle Fundorte liegen an der Küste. Die genannten Höhlen werden, obwohl sie ihre Entstehung Brandungswirkungen verdanken, heute nicht mehr oder nur noch unter außergewöhnlichen Bedingungen vom Spritzwasser erreicht (Küstenhebung). Die Standorte von fa. *rumpens* erhalten öfter marines Spritzwasser.

2. Sowohl die 5 Höhlenstandorte wie die zahlreichen Spalten, in denen die abweichende Form festgestellt wurde, zeichnen sich durch stark verminderten Lichtgenuß aus. Die besten Lagerentwicklungen wurden bis 2 m vom Eingang entfernt an Wänden und Decken der Höhlen gefunden. An diesen Stellen herrscht stets dunkler Schatten oder tiefe Dämmerung, jedoch zeigen im Innern der Höhlen dem Lichte abgekehrte Flächen keinen oder fast keinen Bewuchs. Also ist ein gewisses, wenn auch äußerst geringes Lichtbedürfnis anzunehmen. Standorte der fa. *rumpens* können z.T. nur durch mehrere cm dicke Granitschichten Licht empfangen.

3. Die Luft weist an den beobachteten Standorten sicher dauernd eine hohe Feuchtigkeit auf. Dies wurde in Zapallar auch für den sehr trockenen Hochsommer (25. 2. 41) bestätigt. Lager bedecken jedoch nur mäßig feuchte bis trockene Flächen und kommen unter dauernder Wasserbedeckung offenbar nicht vor. In den Höhlen dürfte die Ausbreitung der Lager auch nicht etwa durch Wasser, sondern vielmehr durch Luftbewegungen erfolgen. (Es sieht so aus, als ob ein blaugrünes Pulver von außen mit der Richtung des Lichtes an Decke und Wände der Höhlen geblasen worden und stellenweise an den Wänden von Rieselwasser wieder abgewaschen worden sei). Die *rumpens*-Endosporen werden dagegen zweifellos durch Wasser in die feinsten Gesteinsspalten befördert.

4. Während in den Höhlen die *t*-Schwankungen im allgemeinen sehr gering bleiben dürften, sind die Felsspalten stärksten *t*-Wechseln (Besonnung, Tag-Nacht usw.) ausgesetzt.

5. Den Untergrund aller Standorte bildet Urgestein, in einem Falle (Ramuntcho) eine auf diesem abgeagerte Sinterschicht nicht thermaler Herkunft.

Während *Cyanidium caldarium* nach allen bisherigen Funden als ausgezeichnete Leitform für stark saure Thermalwässer und von sauren Fumarolen beeinflusste Räume mit höheren Temperaturen gelten konnte, bieten die chilenischen Funde ein ganz anderes ökologisches Bild. Die *var. chilensis* gehört in die Bereiche küstennaher Lebensräume mit abweichenden ökologischen Verhältnissen. Hier wie dort tritt die Art fast ausnahmslos in Reinbeständen auf, was der Sonderstellung und der stark auslesenden Wirkung ihrer Standorte durchaus entspricht. Die ökologischen Verwandtschaften des thermalen Lebensraumes sowohl mit küstennahen Räumen (Brackwasser) wie mit aerischen Standorten sind des öfteren erörtert worden. Ein gemeinsamer und vielleicht entscheidender Wesenszug dieser äußerlich so verschiedenartigen Räume wurde jedoch bisher kaum beachtet: der erhöhte abiotische Stoffwechsel, der sich einerseits in Verwitterungsvorgängen und andererseits in den Folgen chemischer Unausgeglichheiten bemerkbar macht. Auf chemischen Unausgeglichheiten beruhen wahrscheinlich auch die bisher schwer erklärbaren Verwandtschaften zwischen Thermal- und Brackwasserlebensräumen (Schrifttum 9). In phylogenetischer Betrachtung erscheint immer

wieder die Chemosynthese als erster und grundsätzlich einfachster Lebensvorgang. Was ist aber Chemosynthese anderes als eine lebensgemäße Steuerung abiotischer chemischer Umsetzungen oder wenigstens der von der lebenden Zelle angeregte Umbau chemisch labiler Körper? Von hier aus gesehen scheint das Leben in engen Beziehungen zu abiotischen Reaktionsräumen zu stehen, sogar an solche gebunden zu sein. Letzten Endes ist auch der Gesamtlebensraum der Erde — jene dünne Kugelschale, die die Atmosphäre vom Erdinnern trennt — nichts anderes als ein solcher Reaktionsraum.

Von dieser Abschweifung zum vorliegenden Falle zurückkehrend läßt sich feststellen, daß die verschiedenen Lebensräume von *Cyanidium caldarium* und seiner Varietät *chilensis* sich in ihrer für die typische Art zwar nicht regelmäßigen aber doch häufigen Lichtarmut und in ihrem erhöhten abiotischen Stoffwechsel ähneln.

An einzelnen Stellen in Thermalabflüssen von Kusatu (besonders in Sainokawara) wurde übrigens noch eine etwas abweichende Lagerbildung beobachtet. Während an Steinen in rasch fließendem Wasser die Beschläge gewöhnlich, vor allem bei guter Entwicklung, \pm gleichförmige und oberflächlich glatte Schichten bilden, sind hier und da auch noch dunkler gefärbte Bestände mit fein höckerigen Oberflächen zu beobachten. Sie zeigen die größten Ähnlichkeiten mit üppigen Lagern von *var. chilensis*. Wie dort werden auch hier größere Zellpakete angetroffen, wohingegen in gewöhnlichen Lagern der typischen Art solche Pakete fehlen oder jedenfalls nicht in dieser Größe vorkommen. Die Ursachen der abweichenden Lagerbildung konnten nicht ermittelt werden.

Pinnularia brauni* var. *amphicephala
(A. Mayer) Hustedt.

Ein vielfach anderes Verhalten als die eben behandelte Blaualge offenbart die Diatomee *Pinnularia brauni* var. *amphicephala* in den Thermalgewässern von Kusatu. Obwohl ihre obere Grenztemperatur erheblich niedriger zu liegen scheint als die der Blaualge, überschneiden sich die Temperaturbereiche der Bestentwicklung beider zwar zum Teil (vergl. Tab. 3.), echte Mischlager treten jedoch nicht auf. Wo beide Algen nebeneinander vorkommen, erscheint die eine immer nur als

zahlenmäßig sehr geringes Einsprengsel in den Beständen der anderen. Vorliegende Beobachtungen stehen in guter Übereinstimmung mit den gewissenhaften Ausführungen Negoro's, der an Hand zahlreicher Funde zu dem Ergebnis kommt, daß *Pinnularia brauni* var. *amphicephala* eine Leitform „mineralogen-azidotropher Gewässer Japans“ ist. Als obere Grenztemperatur gibt er 48.0° bei pH=2.8 (Umizigoku-Therme bei Beppu) an. Ein Vergleich mit den für Kusatu gebrachten Bestimmungen (43.6° bei pH=1.5, Yubatake) deutet vielleicht auf die mehrfach erwähnten Zusammenhänge zwischen Chemismus und Grenztemperatur hin. Negoro fährt dann fort: „Aber in einer solchen hohen Temperatur wächst sie — vergesellschaftet mit einer Cyanophyce, nämlich *Cyanidium caldarium* (Tilden) Geitler — nur vereinzelt. Der Temperaturbereich ihres günstigen Lebens scheint unterhalb 35° C zu liegen. Über 35° C hinaus überließ sie im allgemeinen dem *Cyanidium caldarium* ihren Platz. Ihr Lebensbezirk im pH-Bereich liegt in dem untersuchten Material von 5.0 bis zu 1.7 (1.4)....“ Es ist hier besonders auf die Feststellung „nur vereinzelt“ und auf den folgenden Satz in diesem Zitat hinzuweisen. Sowohl die erste Bemerkung wie vor allem die Herausstellung der kritischen Temperatur von 35° stimmen bestens mit den hier mitgeteilten Beobachtungen überein. Nirgends grenzen Diatomeen-Lager unmittelbar an Schwefelrasen, auch dort nicht, wo es den tW-Verhältnissen entsprechend möglich erscheint. Kapillar versorgte Lager, etwa in Uferlinien, wurden im Gegensatz zu *Cyanidium* an keiner Stelle gefunden. Die Art entwickelt Lager vielmehr nur untergetaucht im Wasserkörper. Hinsichtlich des Untergrundes ist die Art anspruchslos. Sie zeigt jedoch auf Schlammern und toten Vegetabilien aller Art besonders schöne Lagerentwicklungen, die durch wenig bewegtes Wasser begünstigt werden, und hält andererseits stärkere Strömungen, wie sie für Bestentwicklung von *Cyanidium* erforderlich zu sein scheinen, ohne Schaden aus. Die Bindung an den Untergrund ist fast ebenso schwach wie bei der Blualge, die innere Bindung (Kohäsion) der Lager ist jedoch merklich größer. Während sich ein *Cyanidium*-Lager beim Schütteln in Wasser zu einer gleichförmigen grünen Trübung auflöst, hinterläßt bei dieser Behandlung ein *Pinnularia*-Lager deutliche Flocken. Die innere Bindung scheint

danach umso größer zu sein, je stärker die am Standorte herrschende Wasserbewegung ist. Stärkere Lager aus rascher Strömung sind manchmal fast häutig. Standorte mit voller Belichtung werden bevorzugt und weniger gut belichtete Plätze werden gemieden. Die untere tW-Grenze liegt jedenfalls außerhalb des thermalen Bereichs. Die Widerstandsfähigkeit gegen freie Säuren ist außerordentlich. Es handelt sich bei den hier besprochenen Standorten mit bester Entwicklung um Gewässer, die mehr freie Säuren enthalten, als einer 1/20 normalen Säure entspricht. Nur in den Randthermen der oberen Sainokawara-Gruppe (Tab. 2) treten bei pH=2.0 und einer Az von 16.0ccm neben dieser noch einige wenige andere Diatomeen auf. In der Lagerbildung unterscheidet sich *Pinnularia* weitgehend von *Cyanidium* in seinem typischen Auftreten durch Ballungserscheinungen¹⁾, die in stillem Wasser regelmäßig auftreten und zu oscillatorien-ähnlichen Lagerformen führen. Diese Lager sind weich und zerfallen leicht schon beim Berühren. Außerhalb des Wasserkörpers wird die Art nicht lagerbildend sondern nur in zerstreuten Exemplaren angetroffen. In stärkerem Strome werden die hier etwas widerstandsfähigeren, glatthäutigen Lager kaum über 1 mm dick. Die Lagerfarbe schwankt zwischen olivbraun (bei Ballungsformen in wenig bewegtem Wasser) und hellen grünlich-braunen Tönen, wie sie Bestände an Steinen in stärkerem Strome zeigen.

-
- 1) Über Formen und Gesetzmäßigkeiten der Lagerbildung bei Algen im thermalen Lebensraum wird an anderer Stelle ausführlicher berichtet. Hier zur Erklärung nur folgendes: Es gibt grundsätzlich 3 Stufen der Lagerbildung: Die erste Stufe stellt lediglich eine Anhäufung einzelner Individuen ohne erkennbare innere Ordnung dar. So entsteht z.B., wenn man sich vorstellt, daß planktonartig im Wasser schwebend verteilte Zellen sedimentieren, ein Beschlag (vergl. mit Wasserdampf „beschlagene“ Fensterscheibe) als Lagerform. Ein Kennzeichen des Beschlages besteht im Fehlen einer scharfen Lagergrenze. Die zweite Stufe zeigt bereits eine flächenhafte Anordnung der Individuen auf dem Untergrunde (z.B. Rasen und Häute mit verwobenen oder gleichgerichteten Fäden, Schleimklümpchen u. a.). Die dritte Stufe läßt schließlich durch örtliche Ballungen innerhalb des gesamten Lagers räumliche Ordnungen erkennen, die in artgemäßen und raumgegebenen Eigenarten ihre Ursachen haben. So entstehen mancherlei blasige, klumpige, kugelige, zapfen- und leistenförmige Lager, Warzen- und Wabenbildungen und anderes.

Tabelle 4: In Sainokawara wurden an zwei kleinen Bächen (I und II) und dem Mischbache (III) nach untenstehender Skizze (Abb. 3) zur temperaturgemäßen Einordnung der besprochenen Arten folgende Daten gewonnen, die durch gleichzeitige Bestimmungen an den Ringfleck-Lagern ergänzt wurden:

Tag:	6. März	7. März	8. März		
Stunde:	nachm.	10h	15h	10h	
I	35.5°	37.1°	30.7°	35.5°	üppige <i>Pinnularia</i> -Lager ohne <i>Cyanidium</i>
II	47.8°	48.1°	45.5°	48.0°	reine, üppige <i>Cyanidium</i> -Lager
III	40.3°	42.2°	36.5°	40.5°	fast reine, üppige <i>Cyanidium</i> -Lager
Ringfleck:	—	36.0°	32.5°	35.6°	<i>Pinnularia</i> -Inseln in <i>Cyanidium</i> -Bestand

Tabelle 5: tW der Bestentwicklung und obere Grenztemperaturen:

		nach Tab. 3:	an anderen Standorten:
<i>Cyanidium</i> :	Bestentwicklung	45° - 53°	40° - 50°
	Grenztemperatur	(52° -) 55°	—
<i>Pinnularia</i> :	Bestentwicklung	19° - 35°	30° - 37.1°
	Grenztemperatur	(38° -) 43.6°	—

Bei Kulturversuchen mit Thermalwasser des Standorts kümmert die Diatomee nach guter Entwicklung in den ersten 3 Tagen mehrere Wochen ohne sich auszubreiten. Dahingegen hält sich *Cyanidium* unter gleichen Bedingungen ausgezeichnet und zeigt sogar eine wider Erwarten rasche Ausbreitung im Zuchtgefäße. Die von Negoro angeführten Fundorte weisen offenbar — abgesehen vielleicht von einem Tümpel (Nr. 27) —

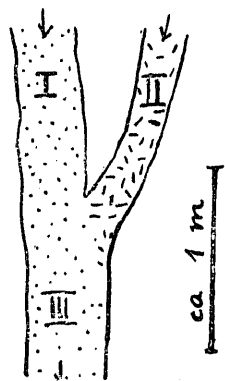


Abb. 3
(zu Tab. 4)

einen ± regen Wasserwechsel auf oder sind feucht-aerisch. Vielleicht steht solches Verhalten im Kulturversuch und am natürlichen Standorte in einer Beziehung zu den erwähnten Wechselwirkungen (vergl. auch S. 49) der Art mit *Cyanidium*. Ferner lassen die Kulturversuche darauf schließen, daß abweichend von Hustedts grundsätzlicher Auffassung jedenfalls für *Pinnularia brauni* var. *amphicepala* die Massenentwicklung in azidotrophen Gewässern wahrscheinlich nicht nur eine Folge davon ist, daß konkurrierende Arten fehlen.

Ringfleck-lager

Wie schon mehrfach erwähnt wurde, treten *Cyanidium* und *Pinnularia* offensichtlich an keiner Stelle in echten Mischbeständen auf. Im derzeit fast ausschließlich von thermalen Wässern gespeisten Sainokawara-Bache konnte jedoch im Abschnitt der oberen Quellgruppe in einer Laufstrecke von etwa 4 m ein scharf getrenntes Lagervorkommen beider Arten nebeneinander beobachtet werden. Unmittelbar oberhalb eines kleinen Wasserfalls ist bei starker Strömung und 2-4 cm Wassertiefe der grauweiße, verwitterte Lavagrund größtenteils von leuchtend blaugrünen *Cyanidium*-Beständen überzogen. Diese Beschläge sind hier jedoch von ± kreisförmigen, olivbraunen Flecken von 3-10 cm ϕ durchsetzt, die durch helle Ringe fast unbesiedelten Lavagrundes abgegrenzt sind. Die Ringe sind etwa 2-10 mm breit und heben das seltsame Mosaik besonders schön hervor. (Abb. 1-E) Diese Ringflecklager sind nirgends dicker als 1 mm und werden von *Pinnularia*-Reinbeständen gebildet. Unter ihnen findet sich gewöhnlich noch eine sehr dünne Schicht von *Cyanidium* unmittelbar auf dem Untergrunde. In der daran anschließenden Laufstrecke des Bachs treten keine Bestände von *Cyanidium* sondern vielmehr solche der Diatomee auf. Diese enthalten nur verschwindend geringe und nur bei mikroskopischer Beobachtung sichtbare Einsprengsel der Blaualge, deren Anwesenheit hier bei der massenhaften Einschwemmung aus den oberen Laufstrecken nur selbstverständlich ist. Daß sie jedoch nicht in besserer Entwicklung vorkommt, stimmt mit der Ringfleck-Lagerbildung der Diatomee in ihren Beständen durchaus überein, wenn man eine schon mehrfach erwähnte **hemmende oder ausschließende Wechselwirkung** zwischen beiden Arten annimmt. Unter diesem hier für die Thermalökologie neu eingeführten Begriffe soll folgendes verstanden werden: Die Art A steht in hemmender oder ausschließender Wechselwirkung mit der Art B, wenn beide auch in den Teilen des thermalen Lebensraums, die beiden optimale Lebensbedingungen bieten könnten, keine echten Mischbestände (keine raumverbundenen sondern allenfalls raumgliedernde Lebensgemeinschaften) miteinander bilden. Wenn in diesen Zonen die Art A und Art B vorkommen, so sind ihre Areale vielmehr voneinander

getrennt. (Als echte Mischbestände, oder bei den Blaualgen als echte Mischlager, haben die zu gelten, in denen mengenmäßig alle Mischungsverhältnisse von Reinbestand A bis Reinbestand B vorkommen können.) In hemmender oder ausschließender Wechselwirkung stehende Arten können also nur eine raumgliedernde Lebensgemeinschaft bilden.

Bei vorliegenden Ringfleck-Lagern verdient die Tatsache besondere Beachtung, daß unter den *Diatomeen*-Beständen gewöhnlich noch eine dünne Schicht *Cyanidium* angetroffen wird. Die Beobachtungen wurden im Anschluß an die Schneeschmelze oder sogar noch in der Zeit dieser gesammelt. Im Gegensatz zu den Wintermonaten bringt die Schneeschmelze stärkere Zuflüsse nicht thermalen Wassers und damit eine Herabsetzung der Säurekonzentration und tW in den Abflüssen. Diese Umstände dürften sich auf die raumgliedernde Lebensgemeinschaft der beiden Arten zu Gunsten der *Diatomee* auswirken, die damit fähig wird ursprüngliche *Cyanidium*-Bestände zu überwuchern. Offenbar wird die von der *Diatomee* abgedeckte Blaualge in ihrer Lebenskraft geschwächt, denn nur so läßt sich die Entstehung der fast unbesiedelten Grenzringe verstehen. Nachdem zur Zeit der Beobachtung der Fremdwasserzufluß bereits wieder abgenommen hatte, werden offenbar die Kieselalgen wieder zurückgedrängt, ihre ausgedehnten Bestände werden in inselförmige Flecke aufgelöst. Die damit wieder freigelegten *Cyanidium*-Beschlüge werden aber im Gegensatz zu jungen (ungeschädigten?) Beständen der gleichen Art durch 'Strömung abgeschwemmt. So etwa dürfte sich die Ringbildung am einfachsten erklären lassen.

Folgerungen.

Im Einzelnen bedarf das seltsame ökologische Verhalten der beiden Arten noch näherer Prüfung. Immerhin kann schon jetzt darauf verwiesen werden, daß die Hypothese von der hemmenden oder ausschließenden Wechselwirkung zwischen zwei oder mehreren Arten zur Klärung mancher bisher rätselhafter thermalökologischer Befunde brauchbar erscheint. So dürfte z. B. das thermalgebundene Vorkommen grönländischer oder anderer subarktischer Arten (*Moose*) in isländischen thermalen Lebens-

räumen (vergl. Schrifttum 9 S. 289 ff.) oder das so häufig in die Augen fallende Vorkommen von Reinbeständen verschiedener Algen in Thermalgewässern z. T. auf derartige Erscheinungen zurückzuführen sein.

Es handelt sich bei diesen Erscheinungen keineswegs um Fälle bloßer Konkurrenz sondern wenigstens um ganz besondere Formen einer solchen. Wenn mehrere Arten einen ihnen gemeinsamen Lebensraum zu erfüllen streben, so wird das Ergebnis in den meisten Fällen ein Mischbestand sein, in dem gewöhnlich eine oder einige Arten gegenüber anderen zahlenmäßig überlegen sind. Schon bei der Betrachtung eines solchen Mischbestandes ergibt sich, daß — vom mehr oder weniger guten Gedeihen einzelner Individuen ganz abgesehen — der mengenmäßige Anteil der einzelnen Art noch kein vergleichsweiser Maßstab für ihre lebensraumgemäße Eignung sein kann, denn zwischen den einzelnen im Raume unmittelbar benachbarten Arten bestehen eben noch vielfältige Wechselbeziehungen. Das Dasein einer Art wandelt die ursprünglichen Lebensbedingungen des Raumes nicht nur für das eigene Schicksal in diesem Raume sondern auch für das anderer Mitbewohner \pm stark ab. Wirkungsgrad und Wirkungsweise dieser Wechselbeziehungen, die größtenteils noch unbekannt sein dürften, sind offenbar sehr mannigfaltig. So sind — allgemein betrachtet — auf der einen Seite als höchste Grade einer wechselseitigen Förderung die Fälle anzusehen, in denen eine Art einer anderen erst die Daseinsvoraussetzungen schafft (z.B. Symbiose zwischen Knöllchenbakterien und Leguminosen, Flechten); und auf der anderen Seite sind eben als Fälle stärkster Schädigung die Erscheinungen der ausschließenden Wechselwirkungen anzusehen. In welchen Vorgängen solche Wechselwirkungen im Einzelnen bestehen, bleibt noch zu erkunden.

Bei thermalökologischen und grundsätzlich wohl auch bei sonstigen ökologischen Untersuchungen sind für die Beurteilung der angetroffenen Besiedlungen demnach u.a. folgende Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

1. Der physikalisch-chemische Charakter des Raums als allgemeine Voraussetzung für seine Besiedlung.
2. Die Abhängigkeiten der Arten von den Raumbedingungen als örtliche Voraussetzungen für die Bildung der Lebensgemeinschaften (biologische Bedeutung ungewöhnlicher Bedingungen z. B. für Auslese,

Variationen und entsprechend der physikalisch-chemischen Raumordnung für die biologische Ingliederung des Raumes).

3. Die geschichtlichen und landschaftlichen Voraussetzungen für die Entstehung der Lebensgemeinschaften. (Herkunft).
4. Die Wechselbeziehungen zwischen den Arten (im weitesten Sinne) als Voraussetzungen für Arbeitsweise (Funktionen) und Schicksal der Lebensgemeinschaften.
5. Die raumeigentümlichen Daseinsabläufe der einzelnen Arten, in denen damit die Gesamtheit der genannten Verhältnisse zum Ausdruck kommt.

6. ZUR BIOLOGISCHEN DEUTUNG THERAPEUTISCHER WIRKUNGEN.

Zusammenfassend ergeben sich im Hinblick auf die biologische Deutung therapeutischer Wasserwirkungen aus den vorliegenden Beobachtungen in Kusatu etwa folgende Gesichtspunkte:

1. Die **ungewöhnlich extremen Faktoren** der therapeutisch ausgewerteten Wasser (pH, Az und tA) verursachen schärfste Artenauslese. Es kommen nur zwei Algen-Arten vor. Im Austrittsbereich der Hauptquellen sind überdies nur Schwefelbakterien zu finden. Für die Therapie sind demnach starke keimtötende Wirkungen und beträchtliche Haut- und Schleimhautreizungen durch das Wasser zu erwarten.
2. Die **chemischen Unausgeglichenheiten** (labiler Chemismus) des austretenden Wassers, die hier z. B. in abiogener Schwefelausfällung ohne weiteres erkennbar werden, scheinen in der Verbreitung von *Cyanidium* innerhalb der diesbezüglichen Lebensräume einen biologischen Ausdruck zu finden, denn man darf nach mitgeteilten Beobachtungen annehmen, daß diese Art die Bereiche abiogener S-Fällung meidet. — Als therapeutischer Faktor hat gerade die chemische Unausgeglichenheit thermaler Wässer wissenschaftlich viel zu wenig Beachtung gefunden. (Erst Untersuchungen über Schlammbehandlungen und adsorptive Bindungen von wirksamen Ionen an Schlammkolloide richteten die Aufmerksamkeit auf diesen

Faktor. Der chemischen Betrachtungsweise, die mit besonderen Eigenschaften von Stoffen im status nascens zu rechnen gewohnt ist, liegen solche Fragen ungleich näher als der biologischen. Biologisch und therapeutisch gesehen wirken sich bei Behandlungen sowohl mit quellnahen Thermal- und Mineralwässern wie auch mit Heilschlamm höchstwahrscheinlich Stoffe in status nascens besonders stark aus.) Zweifellos spielt die chemische Unausgeglichenheit eine entscheidende Rolle für die Thermalwasserbesiedlung. Sie wurde bisher nur deshalb nicht genügend beachtet, weil sie als Ursache für ökologische Eigenarten viel schwerer erkennbar und bestimmbar ist als etwa tW, pH, Salzgehalt usw. Gerade deshalb aber muß die Thermalökologie diesem an sich schwer erfaßbaren Faktorenkomplex ihre besondere Aufmerksamkeit zuwenden, um ihn **biologisch** bestimmen zu können. Wenn chemische Unausgeglichenheiten mehr als bisher in Rechnung gestellt werden, besteht die Hoffnung manche ungeklärten Erscheinungen an thermalen Lebensgemeinschaften zu deuten. In der volkstümlichen Badetherapie wird wohl in allen thermenreichen Ländern gerade dieser Faktorenkomplex von jeher praktisch in gewissem Umfange berücksichtigt.

3. Die **Schwierigkeiten**, die einer biologischen Thermenbeurteilung für therapeutische Zwecke entgegenstehen, beruhen nicht zuletzt in den Wechselwirkungen zwischen einzelnen Arten, die eben eine formale Deutung des rein floristisch-faunistischen Befundes wertlos machen können. Wenn biologisch keine anderen als die bereits in der chemischen Analyse gegebenen Wassereigenschaften bestimmt werden können, dann ist die Thermalökologie für therapeutische Beurteilungszwecke wertlos. Wie verschiedentlich angedeutet wurde, bestehen, von experimentellen Untersuchungen ganz abgesehen, eine Reihe von Möglichkeiten zur Überwindung dieser Schwierigkeiten.

7. BALNEOBIOLOGISCHES ZUM ZEITBAD

Zu den seltsamsten Gepflogenheiten des japanischen Badebetriebs gehört zweifellos das Zeitbad, das in einem außerordentlich strengen Ritus z. Z. nur in Kusatu und Nasu angewandt wird. Was die Einzelheiten

dieser Badeweise, ihre therapeutische Bedeutung und ihre volkstümlichen Begründungen betrifft, so wird auf die folgenden Ausführungen Gehr's verwiesen. Für die balneobiologische Bewertung des Zeitbads dürften vor allem folgende Gesichtspunkte zu berücksichtigen sein:

- a) Der genutzte Thermalaustritt liegt im Badebecken selbst. Der Badende befindet sich somit in unmittelbarer Quellnähe, wo chemische Unausgeglichenheiten besonders wirksam werden können.
- b) Der Wechselgesang und die lebhaften Körperbewegungen bei der Vorbereitung des eigentlichen Bads, die in einer Durchmischung des Beckeninhalts besteht, bedeuten eine Inhalation bei angeregter Atmung. Gleichzeitig wird durch das Schlagen des Wassers reichlich Dampf erzeugt.
- c) Wenn das Wasser mit Brettern geschlagen und durchmischt wird, so wird gleichzeitig ein verstärkter chemischer Austausch zwischen Wasser und Luft verursacht. Neben den dabei vermutlich geförderten Oxydationen wird wahrscheinlich die kolloide Schwefelausfällung gesteigert und beschleunigt. Das Wasser zeigt — natürlich unter Mitwirkung der bereits vorhandenen Sedimente — nach der Durchmischung eine gelblich-grüne Trübung, wie sie für ausgefallten Schwefel in feinsten Verteilung kennzeichnend ist. Daß derartige Wasserbehandlung eine gewisse Bedeutung für die therapeutische Wirkung des Bades hat, ist anzunehmen. Dabei ist jedoch zu beachten, daß das Wasser z. T. seine austrittsnahen Eigenarten verliert.
- d) Die Badetemperaturen im Becken sind räumlich innerhalb enger Grenze verschieden und betragen in der Austrittsumgebung bis zu 49° C. Abgesehen von den physiologischen Wirkungen so hoher Badetemperaturen an sich wirkt hier die Wasserwärme in Verbindung mit der starken Az im Sinne einer heftigen Hautreizung, ja, bei wiederholten Bädern werden sogar größere Hautpartien (vorwiegend an den Innenseiten der Oberschenkel) zerstört. Diese übermäßigen Reize werden dadurch gedämpft und gemildert, daß der Badende während des 3 Minuten dauernden Bads bewegungslos im Wasser kauert. Damit wird in einer dünnen Grenzschicht ein Temperaturgefälle zum Körper erzeugt und dessen Temperaturregulation erleichtert. (Die wirksame Grenzschichtbildung läßt sich im Selbst-

versuch beim Baden in hohen Wassertemperaturen sehr gut beobachten. Davon soll später berichtet werden.) Außer der wärmeschützenden Wirkung beeinträchtigt die Grenzschichtbildung natürlich auch die chemischen Wirkungen auf die Haut.

- e) Die trotzdem bei wiederholten Bädern regelmäßig entstehenden Hautwunden gelten nicht nur als Folgen der verbundenen Säure- und Temperaturwirkungen sondern zugleich als unerläßliche Voraussetzungen für einen vollen Kurerfolg. Wenn auch die volkstümliche Meinung, daß nämlich durch die Wundflächen wirksame Quellsbstanzien leichtesten Eingang in den Körper fänden, nicht in vollem Umfange haltbar ist, so kann vielleicht doch eine günstige Wirkung großflächiger und längere Zeit durch Wassereinwirkungen an der Abheilung verhinderter Hautwunden auf den Gesamtorganismus nicht ohne weiteres ausgeschlossen werden. Man darf vielmehr annehmen, daß sowohl in der Wundumgebung wie in anderen Teilen des Organismus Kräfte mobilisiert werden, die im Sinne einer Wundheilung wirksam sind und demgemäß auch auf äußerlich ähnliche Symptome (etwa einer Haut- oder Geschlechtskrankheit) gleichfalls im Sinne einer Abheilung wirken können. Tatsächlich sollen die anfangs entstandenen und beim Baden äußerst schmerzhaften Hautwunden im Verlaufe der Kur wieder abheilen, was nur durch Steigerung der körpereigenen Heilkräfte zu erklären sein dürfte.

Wie die thermalökologische Untersuchung eines Thermenfeldes mit stark abweichenden Lebensbedingungen einige grundsätzliche Gesichtspunkte für die Gesamtaufgabe ergibt, so scheinen sich, wie in diesem Falle, aus der balneobiologischen Betrachtung ungewöhnlicher und scheinbar unzuträglicher Badesitten einige Anregungen für die balneobiologische Arbeit überhaupt zu ergeben. Hier wie dort ist natürlich eine Klärung der einzelnen Fragen nur mittels des planmäßigen Versuchs zu erreichen.

8. SCHRIFTTUM.

1. **E. Divers:** Note on the amounts of sulphuretted Hydrogen in the Hot Springs of Kusatsu.—Transact. of the Asiatic Soc. of Japan; Vol. VI, Part II, Tokyo 1889, S.346-347.

2. **Y. Emoto:** Verbreitung der schwefeloxydierenden Bakterien in den Thermen Japans. — Botan. Mag. Vol. XLVII No. 553, Tokyo 1933.
3. **L. Geitler u. F. Ruttner:** Die Cyanophyceen der Deutschen Limnologischen Sunda-Expedition, etc. — Arch. f. Hydrobiol. 1936, Suppl.-Bd. XIV.
4. **R. Ishizu:** The Mineral Springs of Japan. — Tokyo 1915.
5. **G. Krasske:** Zur Kieselalgenflora Südchiles. — Arch. f. Hydrobiol., Bd. XXXV, S. 349-468. — Stuttgart 1939.
6. **H. Molisch:** Pflanzenbiologie in Japan. — Jena 1936.
7. **K. Negoro:** Über die allgemeine Verbreitung und das massenhafte Vorkommen von *Pinnularia brauni* var. *amphicephala* (A. Mayer) Husteit in den mineralogen-azidotrophen Gewässern Japans. — Proceed. Imp. Acad. Vol. XVII, No. 9, S. 425-428; Tokyo 1941.
8. **G. H. Schwabe:** Über einige Blaualgen aus dem mittleren und südlichen Chile. — Verh. d. Deutschen Wiss. Vereins zu Santiago, N. F. Bd. 3, S. 113-146; Santiago 1936.
9. **ders:** Beiträge zur Kenntnis isländischer Thermalbiotope. — Arch. f. Hydrobiol. Suppl.-Bd. VI, S. 161-352. — Stuttgart 1936.

Weiteres Schrifttum über Kusatu vergl. die Arbeiten von Emoto, Gehr, Kuroda und Oana.

Der Kur- und Badeort Kusatu.

VON DR. MED. EMMO GEHR UND DR. MED. ELISABETH GEHR,

Deutsche Forschungsgemeinschaft.

Japan, das Land der tausend Thermalquellen ist von jeher für die eigenartigen Badegepflogenheiten seiner Bewohner bekannt gewesen. Fängt doch für den Japaner die Annehmlichkeit des Badens bei einer Temperatur an, die dem Deutschen zunächst unerträglich heiß erscheint. Während bei uns das Bad — abgesehen von Heilbädern — in erster Linie der Säuberung dient, benützt der Japaner es nach vorhergehender Reinigung des Körpers als Erholung am Ende des Arbeitstages, zur Erwärmung im Winter — die nach unseren Begriffen recht unzureichenden Kohlenbecken (Hibachi) erfüllen diesen Zweck kaum — zur Erfrischung im Sommer. Selbst die ärmere Bevölkerung liebt es, nach Möglichkeit täglich zu baden, sei es in der häuslichen Badestube, die selten fehlt, dem öffentlichen Badehaus oder schließlich den heißen Quellen, die das Land in so reichem Maße besitzt. Japanische Legenden, Sagen und religiöse Überlieferungen beschäftigen sich mit der uralten Tradition des Badens; Heilquellen werden nicht nur von Kranken und Erholungsbedürftigen, sondern ebenso gern von Gesunden im Sommer (oder Winter-)Urlaub aufgesucht. Die Einrichtung des „Wochenendes“ und besonderer Bäderzüge verlocken mehr und mehr Großstädter zum Besuch der Thermen. Seit 1929 widmet die „Japanische Thermalquellengesellschaft“ diesen Bädern, die Härte neben Klima und Ernährung als eine der wesentlichsten Kraftquellen des japanischen Volkes bezeichnet, ihre besondere Aufmerksamkeit. Tatsächlich fällt es auch dem Europäer nicht schwer, sich zum japanischen Standpunkt zu bekehren: viele unserer Volksgenossen haben die erfrischende Wirkung und den Genuß eines heißen Quellbades nach Ski-Touren oder Wanderungen in Shiga und Miyanosita schätzen gelernt, wenn sie auch die „kühleren“ Temperaturen (etwa 39-42° C) vorzogen. Wir möchten nach eigenen Erfahrungen die häufig erwähnte Gefahr einer Hautschädigung durch tägliche heiße Bäder gering einschätzen.

Seltsamerweise ist der innerliche Gebrauch von Thermalwässern in Japan wenig verbreitet; nach Misawa sollen Trinkkuren in alter Zeit häufiger gewesen und erst im letzten Jahrtausend in Vergessenheit geraten sein (mündl. Mitteilung).

Eine der berühmtesten und interessantesten Thermen ist Kusatsu, eine reizend gelegene kleine Gebirgsstadt, von Shiga Kogen (22 km) oder, bequemer, mit einer elektrischen Bergbahn von Karuizawa aus zu erreichen. Die knapp drei Stunden dauernde Fahrt bietet in stetem Anstieg wechselnde Ausblicke auf ein prächtiges Hochgebirgspanorama mit den Vulkanen Asama und Shirane. Durch die Höhenlage erfüllt Kusatsu nach Descharmes in idealer Weise die Ansprüche, die der Europäer an das Klima einer Sommerfrische stellt: selbst im August steigt die Temperatur tagsüber kaum höher als 26°, während die Nächte angenehm kühl sind (um 18°). SW- und SSW-Brisen und die reine Bergluft ermöglichen Spaziergänge und Wanderungen auch zur Mittagszeit. Der Appetit wird bald angeregt und bleibt gut. Mücken sollen unbekannt und Fliegen selten sein. Im Winter ist die Umgebung der Stadt — wenn auch nicht so lange wie das einige hundert Meter höher gelegene Shiga — ein gutes Ski-Gebiet. Zu jeder Zeit aber bietet das saubere alte Städtchen mit seinen an Schweizer Chalets erinnernden Häusern, den zahlreichen dampfenden Quellaustritten und Bädern viel Sehenswertes. Es mag erwähnt werden, daß die großen, teilweise ganz modernen Hotels mit ihren Einzelbädern und vorzüglicher und reichhaltiger (März 1942!) Küche durchaus auch deutschen Begriffen von Bequemlichkeit entsprechen. Der Badearzt Dr. Fuse teilte uns mit, daß eine Anzahl russischer Emigranten häufige Gäste des Kurorts seien. Sonst sieht man selten Europäer dort.

Seinen über tausend Jahre alten Ruf verdankt Kusatsu seiner Bedeutung als Heilbad. Descharmes erwähnt einen alten „Badeführer“ (Niyu to annai ki), der eine bunte Folge von Indikationen aufführt: Lepra, Ophthalmie, Tumoren, Ulcera, Lues, Scabies, Nierenleiden, Eingeweidewürmer, Phthise, Kopfschmerzen, Neuralgien, Gonorrhoe, Ekzeme, Prolapsus ani (!), Erkältungen und Entzündungen und manches Andere. Als erster moderner Arzt hat wohl Erwin Bälz die Quellen von Kusatsu beschrieben und versucht, Ordnung in die teilweise unsinnigen

und schädlichen volkstümlichen Vorstellungen zu bringen, woran den Besucher der Bälz-Gedenkstein vor der Stadt erinnert. Heute gilt (nach Fuse; mündl. Mitteilung) eine Badekur in Kusatsu für indiziert bei tertiärer Syphilis, chronischer Gonorrhoe, chronischen rheumatischen Leiden, chronischem Ekzem, bei Lepra und — erstaunlicherweise — bei Diabetes und Magen-Darmkrankheiten, bei letzteren sollen sogar neben chronischem Ekzem und Rheumatismus (Schwefelgehalt! vgl. Beitrag Schwabe; intensive Hitzeeinwirkung) die besten Erfolge erzielt werden. Nach Härtel verspricht man sich auch bei Trachom eine günstige Beeinflussung. Kontraindiziert ist Kusatsu nach Fuse bei akuten Ekzemen, bei Nephritiden, Lungentuberkulose und Carcinom (die in dem erwähnten populären Badeführer als Indikationen angegeben wurden!).

Wohl die originellste Bademethode Japans, das sog. Zeitbad (jikanyu), wird außer in Kusatsu nur noch in Nasu geübt. Ein rechteckiges Becken, das etwa 30-50 Personen Platz bietet und durch parallel über die Ränder gelegte Bretter abgeteilt und bequem zugänglich gemacht ist, enthält Quellwasser, das nach Schwabes Messung an der heißesten Stelle 52° C warm ist. Auf ein Kommando des Bademeisters beziehen die Kurgäste ihre Posten außerhalb des Beckens auf zwei gegenüberliegenden Seiten und versetzen mit langen Brettern im Gleichtakt das heiße Wasser in heftige Bewegung, wodurch sie für den Zuschauer bald im dichten Dampf verschwinden. Rhythmisches Singen (meist des „Kusatsuliedes“, eines alten Volkslieds) mag sie zusammen mit dem abrupten Schlagen des Wassers in eine gelinde Ekstase bringen, die ihnen später die Schmerzen der heroischen Kur ertragen hilft. Nachdem das Wasser so auf etwa 46 bis (an dem heißen Finde) 49° C abgekühlt ist, kauern sich die Badenden auf ein zweites Kommando auf die quer liegenden Bretter und schöpfen aus dem Becken Wasser über Kopf und Stirn, nach der (unrichtigen) Volksmeinung, um Blutandrang im Kopf zu verhindern (natürlich würde im Gegenteil durch die plötzliche Erhitzung des Körpers eine große Blutmenge in die erweiterten Kapillaren der Haut der Rumpfes- und der Extremitäten strömen; der umgekehrte Vorgang also, der einem erhitzt in sehr kaltes Wasser Springenden verhängnisvoll werden kann. Nur bei ganz extremen Hitzegraden wären auch einmal Gefäßkontraktionen denkbar). Das nächste Kommando des

Bademeisters treibt die Heilung Suchenden ins Wasser, wo sie eng nebeneinander drei Minuten lang unbeweglich hocken. Jede halbe Minute sagt der Bademeister die Zeit an, die Badenden geben mit einem langgezogenen Schrei Antwort. Mit dem letzten Kommando nach Ablauf der Zeit springen die Patienten krebsrot gleichzeitig aus dem Bad.

Welches sind nun die Folgeerscheinungen des eindrucksvollen Verfahrens? Zunächst möchte der Hygieniker beanstanden, daß an den verschiedensten Krankheiten Leidende gemeinsam — zuweilen selbst gemeinsam mit Gesunden — baden. Die Gefahr der Übertragung etwa von Gonorrhoe, Lues (und Trachom) erscheint auf den ersten Blick um so bedenklicher, als zu Beginn der gewöhnlich sechswöchigen Kur sehr bald eine profuse Dermatitis (tadare) der besonders empfindlichen Hautstellen wie Axilla, Innenseite der Oberschenkel und Nates mit starker Blasenbildung und folgenden Wundflächen auftritt. Die Volksmeinung hat von jeher dem heißen und sehr sauren (pH=1.5) Quellwasser eine bakterizide Wirkung zugeschrieben.

Hier ist das folgende Experiment von Interesse, das Misawa mit *Bact. coli communis* vornahm. Die Anzahl der Keime betrug:

	in Kusatsu-Quellwasser		in physiologischer Kochsalzlösung	
	bei 45°C	37°C	45°C	37°C
vor dem Versuch	0	0	0	0
zu Beginn des Versuchs.....	9.200.000	9.200.000	9.200.000	9.200.000
nach 10 Minuten	0	2	1.625.000	8.250.000
30	0	1	325.000	7.813.000
1 Stunde	0	4	300.000	5.610.000
2 Stunden.....	0	1	375.000	2.600.000
3	0	0	323.000	2.550.000
4	0	0	270.000	2.325.000
5	0	0	231.000	2.375.000
24	—	0	—	5.440.000

Zudem leiden die Luetiker meist an der nicht infektiösen tertiären Form. Säurefeste Erreger, die eventuell resistent wären, dürften kaum in das Badewasser gelangen: bei Tb. ist Kusatsu streng kontraindiziert, und Lepröse haben eigene Bäder und sind in den öffentlichen Badehäusern nicht zugelassen. Bei der geringen Kontagiosität der Lepra dürfte auch die Anwesenheit gelegentlicher unerkannter Fälle in diesen wie anderen

öffentlichen Bädern kaum allzu gefährlich sein — sind doch selbst direkte Impf- und Transplantationsversuche von Mensch zu Mensch nie sicher positiv ausgegangen. Immerhin würden wir schon aus ästhetischen Gründen die Einzelbäder vorziehen.

Abgesehen von der Dermatitis ruft die Zeitbad-Kur eine Reihe von Veränderungen im Organismus hervor, die Ohsima kürzlich studiert hat. Er fand einen gesteigerten bakteriziden Index des Blutes und erhöhte Agglutinationskraft des Serums gegen *Coli* (bei beiden Maximum meist in der 3. Woche). Auch die Bakterien- und Tuschphagozytose war erhöht (Maximum in der 2. Woche). Urobilin im Harn ist vermehrt, besonders in der 2.-3. Woche. Bei der Hälfte der Fälle läßt Galaktose- und Santoninprobe und Takata auf eine gewisse Funktionsstörung und Schädigung der Leber schließen.

Man ist sich heute darin einig, die Wirkungsweise des Zeitbades nicht vorwiegend in physikalischen und chemischen Faktoren (Temperatur, Schwefel-, Säuregehalt) zu sehen, sondern sie als unspezifische Reiztherapie aufzufassen, wie wir sie etwa durch die Fieberbehandlung mit Malaria, Recurrens, Sodoku oder Tsutsugamushi bei progressiver Paralyse oder durch Milch-, bzw. Yatren-Casein-Injektionen bei hartnäckigen Ekzemen usw. anwenden, um durch eine Umstimmung des Organismus neue oder stärkere Heilungstendenzen hervorzurufen (vergl. Schwabe, Härtel, Ohsima, Misawa u.a.). Diese neue Betrachtungsweise mußte naturgemäß die Indikationsstellung grundlegend beeinflussen. Misawa nennt die Anzeigen in dieser Reihenfolge: chronischer Gelenk- und Muskelrheumatismus, Neuralgien (für diese Gruppen ist selbstredend auch die hohe Temperatur allein von Bedeutung), Tabes dorsalis und progressive Paralyse. Dann folgen mit einigem Abstand: tertiäre Lues, chronische Gonorrhoe und chronische Hautleiden. Akute Leiden, bei denen eine Umstimmung des Organismus sinnlos wäre, sind selbstverständlich ausgeschlossen. Ferner sind kontraindiziert alle Erkrankungen mit beeinträchtigter Funktion von Herz und Kreislauf wie Hypertonie, Herz- und Nierenleiden und Apoplexie, stellt doch das Zeitbad wie das heiße Baden überhaupt gerade an diese Organe gewaltige Anforderungen. Weitere Gegenanzeigen sind Krankheiten, bei denen eine Aktivierung des Prozesses zu befürchten ist, so besonders Tuberkulose, dann akute

feberhafte Erkrankungen, Nervenleiden, Beriberi und akute Hautleiden.

Häufigkeit des Badens, Dauer und etwaige Wiederholung der Kuren wird durch ärztliche Verordnung geregelt, gegebenenfalls daneben eine medikamentöse Therapie. Sehr wichtig ist eine quantitativ und qualitativ ausreichende Diät, deren Gehalt an tierischem Fett und Eiweiß größer als in der sonst in Japan üblichen Kost sein muß. Wir betonten bereits unsere eigenen guten Erfahrungen mit der Küche unseres Hotels in Kusatsu. Für die Beliebtheit des Kurorts spricht die von Ishizu angeführte Tatsache, daß im Jahre 1909 6.740 Besucher gezählt wurden. Mehrere Ärzte und eine gut organisierte Direktion leiten den Badebetrieb.

Außer durch sein Zeitbad ist Kusatsu bei uns besonders durch seinen Ruf als „Leprabad“ berühmt. Die — für Aussätzigen-Siedlungen leider so beliebten und traditionellen — rührselig oder sensationell aufgemachten Schilderungen und Berichte geben natürlich eine verzerrte oder unberechtigt übertriebene Vorstellung von den durchaus normalen und sanitär einwandfreien Verhältnissen. Die japanische Lepraforschung und Leprabekämpfung darf in der ganzen Welt als vorbildlich gelten und hat in den letzten Jahrzehnten ganz Hervorragendes geleistet. In früheren Zeiten wurde Kusatsu besonders gern von Lepräsen besucht; ein Teil ließ sich dort nieder und gründete die Kolonie Yunozawa, ein kleines an der Peripherie der Stadt gelegenes Dorf. Es bestand Ende 1941 aus 276 Häusern und beherbergte 574 Lepräse, die sich ihren Lebensunterhalt als Bauern, Kaufleute oder Handwerker verdienten. Nach einem amtlichen Beschluß soll die Siedlung, die zur Zeit unseres Besuchs noch etwa 250 leichtkranke (und kaum infektiöse!) Aussätzige zählte, bis Ende 1942 aufgelöst und die Bewohner in die nächste Leproserie, das Rakusen-en, überführt werden. Wir sprachen schon von der im Gegensatz zur landläufigen Meinung geringen Übertragbarkeit der Lepra — in vielen Ländern der Erde werden (anders als in Japan) grundsätzlich nur die stärker infektiösen Formen der Krankheit interniert, während die leichten Formen höchstens unter ärztlicher Kontrolle stehen. Solange ein enges Zusammenleben von Kranken und Gesunden unter unhygienischen Verhältnissen im gleichen Hausstand vermieden wird, kann eine Siedlung wie Yunozawa als ausreichende Absonderung angesehen werden.

Zwei Kilometer von dem Badeort entfernt liegt streng abgeschlossen

das weite Gelände der Leproserie Rakusen-en („Garten des Freudequells“), einer staatlichen Anstalt mit 892 Patienten (März 1941). Sie ist fast eine kleine Stadt mit ihren vielen Einfamilienhäusern und rechtwinkligen Straßen, Gärten, Feldern, Baseball- und Lawntennisplätzen, dem großen Theater (für rund 1.000 Zuschauer), Kirche und Klinikgebäuden. Die sauberen, freundlichen Häuschen (für zwei bis höchstens 10 Personen) sind teilweise von den Kranken selbst erbaut, die soweit irgend möglich beschäftigt werden, sei es in Garten- und Feldwirtschaft, der geräumigen Schneiderei mit etwa einem Dutzend Nähmaschinen oder in den Verbandszimmern. Drei Badehäuser, die durch Rohrleitungen aus der Shirahata („Weiße Fahne“) Quelle in Kusatsu gespeist werden, dienen den Badekuren, die gelegentlich einen lindernden Einfluß auf die Symptome haben mögen. Die Badetemperatur ist hier etwa 42-43° C. Gesunde Angestellte bereiten in einer riesigen Gemeinschaftsküche das Essen, das die Kranken selbst austragen und verteilen. Heiraten sind gestattet, Sterilisation Vorschrift für beide Geschlechter. Im Rakusen-en arbeiten sieben Ärzte (Internist, Chirurg, Pathologe, Otologe und Ophthalmologe, Gynäkologe und Zahnarzt) mit eigenen Behandlungs- und Untersuchungszimmern, großer Apotheke und Laboratorien, Röntgenraum und Bestrahlungszimmern mit Einrichtungen für Kurzwellen-, Heißluft-, Rotlichtbehandlung usw., Operationssälen und Gebäuden für Schwerkranke. Eine Reihe von Neubauten für die Bewohner von Yunozawa sind fast vollendet. Ärzte und gesundes Personal der Leproserie wohnen in einer einen Kilometer entfernten Siedlung. Hier befindet sich auch ein langgestrecktes Gebäude, das 76 gesunde Kinder lepröser Eltern im Alter von 2-15 Jahren beherbergt (die Krankheit ist nicht erblich; gleich nach der Geburt von den Eltern getrennt und vor weiterer Ansteckungsmöglichkeit geschützte Kinder bleiben stets gesund). Die Kinder stammen nicht nur von Kranken des Rakusen-en, sondern auch von solchen, die im Zensei Byōin bei Tokyo oder in Yunozawa leben. Die Leitung des Heims obliegt einer Kindergärtnerin.

SCHRIFTTUM

Bälz, E.: Handbuch der speziellen Therapie innerer Krankheiten. Tokyo 1896.

- Fujinami, K.:** Hot Springs in Japan. Tokyo 1936.
Misawa, T.: Chiryôgk. Z. 10, 4/5, 87 (jap.).
Chsima, Y.: Tokyo Igk. Z. 53, 3, 249 (1939) (jap. mit kurzer deutscher Zusammenfassung).
Descharmes, L.: Trans. Asiat. Soc. Japan 2, 31 (1882).
Härtel, F.: Der Balneologe 2, 7, 302 (1935).
Ders.: Med. Klin. 32, 39, 1350; 40, 1382 (1936).
Ders.: Nachr. D. Ges. Nat. u. Völk. Ostasiens 25, 9 (1931).
Ishizu, R.: The Mineral Springs of Japan. Tokyo 1915.
Shimozaki, K.
 und **K. Inoue:** Lepro 12, 6, 543 (1941) (jap., engl. Zusammenfassung).

Erläuterungen.

Um dem japanischen Leser durch Umschriftschwierigkeiten mögliche Irrtümer zu ersparen und um dem ausländischen Leser einen Eindruck von der Mannigfaltigkeit und Eigenart japanischer Orts- und Quellenbezeichnungen zu geben, folgt hier zu Erläuterung ein kurzes Verzeichnis der wichtigsten Ortsnamen, die in vorstehenden Beiträgen enthalten sind. Herrn Dr. von Weegmann und den Herren S. Oana und K. Kuroda danke ich bestens für ihre unentbehrliche Hilfe bei dieser Zusammenstellung.

Bei der außerordentlichen Bedeutung der warmen und heißen Quellen im japanischen Leben verdienen die Benennungen, die den Thermalerscheinungen beigelegt werden, auch vom volkskundlichen und volksbiologischen Standpunkte her eine gewisse Beachtung. Ein eindrucksvolles Gegenstück zur vielfach poetischen Behandlung der Thermen im japanischen Sprachgebrauch ist die sachlich klare, für fachwissenschaftliche Begriffsbestimmungen fast unverändert brauchbare Gliederung, in der der Isländer diese für ihn oft lebensnotwendigen Naturerscheinungen erfaßt (vergl. Schrifttum Schwabe Nr. 9).

Die nachstehende Liste will nicht mehr als eine einfachste Erläuterung und eine Anregung in der eben angedeuteten Richtung sein. Sie kann weder Anspruch auf Vollständigkeit noch auf sprachwissenschaftliche Vollkommenheit erheben.*

G.H.S.

* Bei der Schreibung japanischer Ortsnamen mit chinesischen Zeichen ist eben stets zu bedenken, daß einmal die Zeichen oft beliebig zur (annähernden) phonetischen Wiedergabe der Silben ohne Rücksicht auf deren Bedeutung gewählt wurden, und dann, daß die Zeichen oft später willkürlich geändert wurden, wenn dem Ort eine besondere Bedeutung gegeben oder der Ortsname mit Zeichen glücklicherer Bedeutung geschrieben werden sollte. Ein Beispiel zu a: „Fuji“ ursprünglich Ainu „Feuer“, dann 不二 „nicht zwei“, „unvergleichlich“, oder 富士 „Reichtumsherr“; zu b: Nikkô ursprünglich „futara“ „futa ara“ die „zwei Rauhen“ (Berg- oder Sturmgeister 二荒 ni kô), dann buddhistisch umgedeutet 日光 Nikkô „Sonnenglanz“.

Eine Übersetzung der Zeichen ist deshalb nur in den Fällen gegeben, in denen die Namen mit größerer Wahrscheinlichkeit eine Sachbedeutung haben.

Verzeichnis der Orts- und Quellennamen:

Umschriftbezeichnung:	Japanischer Name:	Bedeutung:
Arima	有馬	
Asama	淺間	
Azuma	吾妻	
Beppu	別府	besonderer Regierungssitz
Bokudenburg	卜傳風呂	Wahrsagebad (buddh.)
Eiunri	永延甲	langes Schicksalsdorf (buddh.)
Gongen	權現	Buddha-Inkarnation (Avatar)
Gozanoyu	御座之湯	
Hakone	箱根	
Higasiyama	東山	Ostberg
Hirayu	平湯	
Hon-onsen	本温泉	Haupttherme
Iizaka	飯坂	
Ikao	伊香保	
Ikeda	池川	Teichfeld
Issaikyôzan	一切經山	Berg der heiligen Schriften (buddh.)
Itirizuka	一里塚	Meilenstein
Izu	伊豆	
Kami	上(の湯)	oben, Gott (=神)
Kamikôti Onsen	上高地温泉	Therme von Kamikôti (obere Hochfläche, Götterplateau)
Kanaiso	金磯	Goldstrand
Kaniba	蟹場	Krabbenplatz
Katakosi	カタコシ (nur Kana)	
Komagatake	駒ヶ嶽	Pferdeberg
Kôsen	鑛泉	Mineralquelle
Kunsinoyu	君子之湯	
Kuridaira	栗平	Kastanienebene
Kuroyu	黒湯	Schwarze Therme
Kusatu	草津	Gras(hafen?—fähre?)
Magoroku	孫六	
Masutomi	増富	Wachsender Reichtum
Matunoyu	松之湯	Kiefertherme
Miyanosita	宮之下	Unter dem Shintoschrein
Miyazaki	宮崎	Schreinkap
Murayama	村山	Dorfberg
Naginoyu	風之湯	Meeresstille-Therme (?)
Nakanoyu	中之湯	mittlere Therme
Netunoyu	熱之湯	Hitzotherme
Niegawanoyu	煮川之湯	Siedebachtherme
Nigokô	濁河	Trüber Fluß (?)

Umschriftbezeichnung:	Japanischer Name:	Bedeutung:
Nikkô	日光	Nikkô (s. Anm. S.65)
-no-yu	之湯	-therme
Ôkama	大釜	Großer Topf
Onsen ¹⁾	温泉	Thermalquelle
Ôsasa	大笹	Hohes Bambusgras
Ôsiba	大芝	großer Rasen
Sainokawara	賽之河原	ein Höllenbezirk
Sekinoyu	關之湯	Grenzwachetherme
-sen	泉	Quelle
Sengataki ¹⁾	千ヶ淵	Tausend Wasserfälle
simo	下	unten
Simosuw	下諏訪	Nieder-Suwa (Ortsname)
Sin-onsen	新温泉	Neue Therme
Siga Kôgen	志賀高原	Hochfläche von Siga
Sirahatanoyu	白旗之湯	Weißer Fahne-Therme
Sirane	白根	
Takinoyu	瀧之湯	Wasserfalltherme
Tamagawa	多摩川	Viele Geisterfluß, auch Edelesteinfluß*
Tamatukuri	玉造	Perlenmacher
Tiyonoyu	千代之湯	Tausend Jahre-Therme
Umizigoku	海地獄	Meereshölle
Unzen	雲仙	„Wolkenheiliger“
Wadamatuba	和田松場	Ruhefeld-Kiefer-Platz (?)
Wadegawara	上河原	obere Fluß Hochheide(?)
Wasinoyu	鷲之湯	Adlertherme
Yakeyama	焼山	Feuerberg
Yarimi Onsen	槍見温泉	Thermalquelle, von der aus der Yari(gatake) zu sehen ist
Yu	湯	warmes (Thermal-)Wasser
Yubatake	湯畑	Thermalwasseracker
Yu-kemuri-no-yu	湯煙之湯	Wasserdampftherme
Yumoto	湯元	Warmwasserursprung
Yunohanazawa	湯花澤	Thermalwassersintersumpf
Yuzawa	湯澤	Thermalsumpf
Zizônoyu	地藏之湯	Therme des Bodhisattva Zizô
Zigoku ²⁾	地獄	Hölle (buddh.)
Zikan-yu	時間湯	Zeitbad (vergl. S. 53 u. S. 59)

* Ein typisches Beispiel für die Problematik der Bedeutung japanischer Ortsnamen bzw. deren Schreibung mit chinesischen Zeichen. Was „tama“ wirklich ist, bleibt unklar. Redaktionsausschuß.

1) Das Bildsymbol für Thermalquelle (onsen) 湯 is in ganz Japan weit verbreitet und wird sowohl auf Landkarten wie in der Bäder- und Verkehrswerbung regelmäßig gebraucht.

2) Bezeichnung für Fumarolenfelder und einzelne Fumarolen, die weitgehend der isländischen Bezeichnung „Viti“ (= Hölle; „Helviti“) entspricht.