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

ÜBER DAS RADIUMBAD MASUTOMI UND ÜBER UMRAUMFREMDE QUELLEN

TÔKYÔ
1943
Deutsche Gesellschaft
für Natur- und Völkerkunde Ostasiens
Tôkyô-shi, Kôjimachi-ku, Hirakawa-chô, 2-chôme, No. 7.
Kommissionsverlag von
Otto Harrassowitz, Leipzig.

ÜBER DAS RADIUMBAD MASUTOMI UND ÜBER UMRAUMFREMDE QUELLEN

TÔKYÔ
1943
Deutsche Gesellschaft
für Natur- und Völkerkunde Ostasiens
Tôkyô-shi, Kôjimachi-ku, Hirakawa-chô, 2-chôme, No. 7.
Kommissionsverlag von
Otto Harrassowitz, Leipzig.

INHALT

1. Vorwort, G. H. Schwabe

2. Karte und Verzeichnis der Heilquellen Mitteljapans, S. Oana ..S. 1

3. Über Bedeutung und Bestimmung der Spurenelemente, S. Oana und K. Kuroda .....S. 6

4. Über Blaualgen in umraumfremden Quellen, G. H. Schwabe ..S. 15

5. Geochemische Untersuchungen an den Quellen von Masutomi, S. Oana und K. Kuroda .....S. 57

6. Zur Ökologie der Masutomi-Quellen, G. H. Schwabe .....S. 75

7. Schrifttum .....S. 103

VORWORT

Gemeinsame Untersuchungen an den Thermen von Kusatsu (vergl. Mitt. D. Ges. f. Natur- u. Völkerk. Ostasiens, Bd. XXXIII, Teil C) und an anderen Quellen Mitteljapans haben eine kleine japanisch-deutsche Arbeitsgemeinschaft entstehen lassen, die hier ihren zweiten Tätigkeitsbericht vorlegt. Diese Zusammenarbeit begründete sich vorwiegend auf drei glücklich vereinte Umstände. Zum ersten bieten die umraumfremden Quellen mit ihren oft seltsamen und rätselhaften Eigenarten beinahe jedem naturwissenschaftlichen Fache eine Fülle verschiedenster Probleme, die in schlagwortartigen Prägungen wie „juvenile Stoffe" (d.h. aus dem Magma stammende Stoffe), „Allgegenwart der Elemente", „Vorzeitverhältnisse der Erde", „Grenzen des Lebens", „Quellengeist", „Gesundbrunnen" und anderen unmittelbar, wenn auch zumeist mißverstanden, anklingen. Die neuesten Ergebnisse auf verschiedenen Forschungsgebieten haben nun gezeigt, daß ein wesentlicher Teil der mit jenen Stichworten berührten Fragen, insbesondere aber die in ihnen verankerten, segenbringenden Aufgaben der Quellenheilkunde, nicht mit den Mitteln und im Rahmen eines wissenschaftlichen Fachs allein zu lösen sind. Hier sind vielmehr geophysikalische, hydrologische und geochemische Vorgänge unauflöslich miteinander und mit geologischen Zuständen verflochten. Sie prägen gemeinsam den schillernden und sich dauernd selbst wandelnden Charakter des aus der Tiefe sprudelnden Wassers. In diesen Quellen entfaltet sich ein wahrhaft geheimnisvolles Leben, das jene in Herkunft und unterirdischen Wegen des Wassers begründeten chemischen Wandlungen gelöster Stoffe in seinen Dienst zu stellen und gleichzeitig den Wirkungen von Hitze, Säuren und anderen Stoffen nicht nur zu trotzen sondern ihnen noch Vorteile abzuringen vermag. Was wir von diesen Rätseln bis heute wissen, ist, zum Leidwesen der menschlichen Heilkunde, beinahe nichts. Was uns heute Hoffnung gibt, wenigstens kleine Einblicke in diese tausendfältigen Zusammenhänge und Wirkungsgefüge zu gewinnen, ist eine allmählich dämmernde und sich verbreitende Erkenntnis: Nur gemeinsame planmäßige Zusammenarbeit, die Brücken zwischen den oft so eng begrenzten Fachgebieten schlägt, kann dem Ziele näher führen.

Der andere Umstand, der unsere kleine Arbeitsgemeinschaft trägt, liegt in diesem Lande selbst. Japan gehört zu den vulkan- und thermenreichsten Ländern der Welt. Umraumfremde Quellen spielen im japanischen Volksleben seit alter Zeit eine so außerordentliche Rolle wie kaum in einem anderen Lande. Sie sind daher auch ein besonders beliebter Gegenstand der japanischen Naturwissenschaften.

Zum dritten ist es der gemeinsame Wunsch, daß diese kleine Arbeitsgemeinschaft ein bescheidener neuer Keim für die künftige, durch den Krieg vorübergehend gehemmte deutsch-japanische Zusammenarbeit und einen regen Austausch in den Naturwissenschaften sein möge. Dieser Wunsch hat nachstehende Ausführungen erheblich gefördert. — Daß die „Deutsche Gesellschaft für Natur- und Volkerkunde Ostasiens" sich dieser Bemühungen annahm und ihre „Mitteilungen" dafür zur Verfügung stellte, danken ihr die Verfasser der folgenden Beiträge auch an dieser Stelle.

Die Neuartigkeit mancher Fragestellungen bringt es mit sich, daß hie und da in den Beiträgen neue Wege eingeschlagen und neue Arbeitsweisen erprobt werden müssen. Infolge mancherlei Schwierigkeiten, die z. T., wie der Schrifttummangel, kriegsbedingt sind, war es vielleicht nicht immer möglich, einzelne Schlüsse und Folgerungen einer ausreichend genauen Prüfung zu unterziehen. Soweit jedoch die Überzeugung besteht, daß wenigstens die eingeschlagene Arbeitsrichtung den gesetzten Zielen näher führt, werden die gewonnenen Auffassungen, auch in Erwartung einer mehr oder weniger scharfen Kritik, niedergelegt. Was spätere Untersuchungen im Einzelnen als unzutreffend erweisen sollten, mag den verwitternden Wirkungen der Kritik anheimfallen, das Grundsätzliche wird davon kaum betroffen werden.

Wenn im Titel dieses Heftes das Radiumbad Masutomi in den Mittelpunkt gestellt wird, so geschieht dies vor allem deshalb, weil auch ein wesentlicher Teil der allgemeinen Ergebnisse, die hier behandelt werden, eben an diesem Gegenstande gewonnen wurde.

Obwohl der Sinn jeder fachüberbrückenden Zusammenarbeit letztenendes, nachdem die Arbeitsweisen genügend gegeneinander abgeglichen wurden, darin besteht, die Einzelergebnisse der gegenseitigen Ergänzung dienstbar zu machen, mußte hier noch auf manche naheliegende Möglichkeit verzichtet werden. Solange noch keine einheitliche Methode und keine Kontrollmöglichkeiten durch den ökologischen Versuch gegeben sind, erscheinen manche Schlußfolgerungen, die Verbindungen etwa zwischen Chemismus und biologischem Befund herzustellen versuchen, eher nachteilig als gewinnbringend. In der Hoffnung, daß solche Beziehungen in absehbarer Zeit aufgedeckt werden können, stehen hier noch mancherlei chemische und biologische Ergebnisse scheinbar zusammenhanglos nebeneinander.

umraumfremd

Nach zahlreichen ökologischen Beobachtungen erschien seit langem die durchaus künstliche Trennung der „Thermen" von den „Mineralquellen" nachteilig und unhaltbar, da beide gegenüber anderen Gewässern eine gleichartige Sonderstellung einnehmen, für deren Ausprägung die Temperatur nur ein Faktor unter vielen ist. Diese Sonderstellung, die floristisch, faunistisch, ökologisch und biogeographisch zu belegen ist, soll in der Bezeichnung „umraumfremde Quelle" zum Ausdruck kommen. Da diese Bezeichnung auch für die Geochemie und Hydrologie zweckmäßig erscheint, wird sie in den folgenden geochemischen Arbeiten gleichfalls gebraucht.

Die Beiträge des Unterzeichneten auch zu dieser Gemeinschaftsarbeit wurden durch den Einsatz des Reichsforschungsrates, Berlin ermöglicht.

Karuizawa, den 8. September 1942

G. H. Schwabe.

Die als eingeklammerte Zahlen im Text vermerkten Schrifttumshinweise beziehen sich auf die entsprechenden Nummern des gemeinsamen Schriftumsverzeichnisses am Schlusse (S. 103).

Abkürzungen und Hinweise.

In nachstehenden Abhandlungen verwenden wir die folgenden Abkürzungen:

AE	=Entfernung vom Austritte (Austrittsentfernung);
Alk	=Alkalität in ccm n/10 HCl je 100 ccm Wasser;
D	=Dauerzelle;
γ	=Gamma (1γ=0.000001 g, vergl. aber auch S. 13);
Hz	=Heterozyste;
Ho	=Hormogonium;
μ	=Mikron (1μ=0.001 mm);
t	=Temperatur (alle t in °C);
tA	=Austrittstemperatur;
tS	=Standorttemperatur;
tW	=Wassertemperatur;
Tr	=Trichom;
I-Tr	=Haupt- oder Primärtrichom, entsprechend auch I-Faden;
II-Tr	=Neben-, Zweig- oder Sekundärtrichom, entsprechend auch II-Faden;
±	=mehr oder weniger;
Ø	=Durchmesser.

Der Maßstab auf mikroskopischen Abbildungen entspricht, soweit nicht anders angegeben, einer Strecke von 10μ.

Karte und Verzeichnis der Heilquellen Mitteljapans.

S. Oana, Chem. Inst. Kaiserl. Univers. Tokyo.

Dem ausländischen Beobachter fällt auf, daß die Erforschung umraumfremder Quellen einen ungewöhnlich breiten Raum im naturwissenschaftlichen und insbesondere im geochemischen Schrifttum Japans einnimmt. Dabei wird gewöhnlich, trotzdem Japan als thermenreiches und stark vulkänisches Gebiet bekannt ist, die Bedeutung dieser Quellen für das Land unterschätzt. Um einen Eindruck vom diesbezüglichen Reichtum der japanischen Landschaft zu geben, bringen wir nachstehend den in diesem Rahmen wichtigsten Abschnitt (Zentralgebiet der Hauptinsel) einer derzeit bearbeiteten Karte der Heilquellen (Onsen und Kôsen 溫泉, 鑛泉). Als wichtigste Unterlage diente die von Herrn S. Urabe dem japanischen klinischen Magazin (臨床醫學) beigefügte vollständige Übersichtskarte. Jedes der eingetragenen Quellenzeichen bezieht sich meistens nicht auf einen einzelnen Austritt sondern auf eine Quellgruppe, die balneologisch ausgewertet wird. Da überdies noch zahlreiche Quellen ungenutzt sind, ist die Karte für geochemische und naturwissenschaftliche Zwecke noch weitgehend ergänzungsbedürftig. — Genaue Austrittszählungen sind praktisch weder möglich noch sinnvoll (31 S. 172), da einerseits die Trennung eng benachbarter Austritte, die etwa in einem gemeinsamen Becken liegen, ± willkürlich bleibt, und da andererseits flächenhafte Austritte nicht selten sind. Außerdem muß mit dauernden Veränderungen vieler Austritte gerechnet werden. Wenn man nach diesen Einschränkungen noch Mindestzahlen nennen will, so dürfte Japan über mehr als 10 000 umraumfremde Quellen verfügen. Jedenfalls ist es in dieser Hinsicht eines der reichsten Länder überhaupt.

Ferner ist zu der Karte zu bemerken, daß bei der verhältnismäßig sehr groben Einteilung der Quellen nach physikalischen und chemischen Eigenschaften eine gewisse Willkür nicht zu umgehen ist. Trotzdem lassen sich gewisse Anordnungen der verschiedenen Typen erkennen und vor allem fällt die bekannte allgemeine Eigenart des japanischen Gebiets, der unverhältnismäßig hohe Anteil saurer Schüttungen, ohne weiteres in die Augen. Im Einzelnen wird auf die umfassenden Veröffentlichungen von R. Ishizu (7) und auf die in Vorbereitung befindliche deutsche Ausgabe des Bäderbuchs verwiesen.

Der vorliegende Kartenausschnitt soll in erster Linie zur Orientierung über die Quellen dienen, von denen diese und früher in den

„Mitteilungen" der OAG gebrachte Veröffentlichungen berichten. Die Zeichen werden bei der Karte selbst erläutert. Für die Einteilung der Quellen nach ihrer tA wurden Höchstwerte dieser zu Grunde gelegt. Die Quellen jedes Verwaltungsbezirks (Präfektur, -ken) sind für sich durchnummeriert. Wenn der Name einer Quelle oder eines Bades bekannt ist, wird demnach im Verzeichnis der Präfektur die zugehörige Nummer aufgesucht, unter welcher die Quelle auf der Karte zu finden ist. Umgekehrt ist der Name jeder einzelnen Quelle oder Quellgruppe, die in der Karte enhalten ist, unter der entsprechenden Nummer des Verzeichnisses zu finden.

Verzeichnis der Heilquellen Mitteljapans:

Is, ISIKAWA-KEN

1. Wakura .....和倉 ....
2. Morimoto .....森本
3. Yuwaku .....湯涌 .
4. Tatunokuti .....辰の口 ..
5. Seryô .....瀬領 ..
6. Nakamiya .....中宮 ...
7. Iwama .....岩間 ...
8. Hakusan .....白山 ..

Ty, TOYAMA-KEN

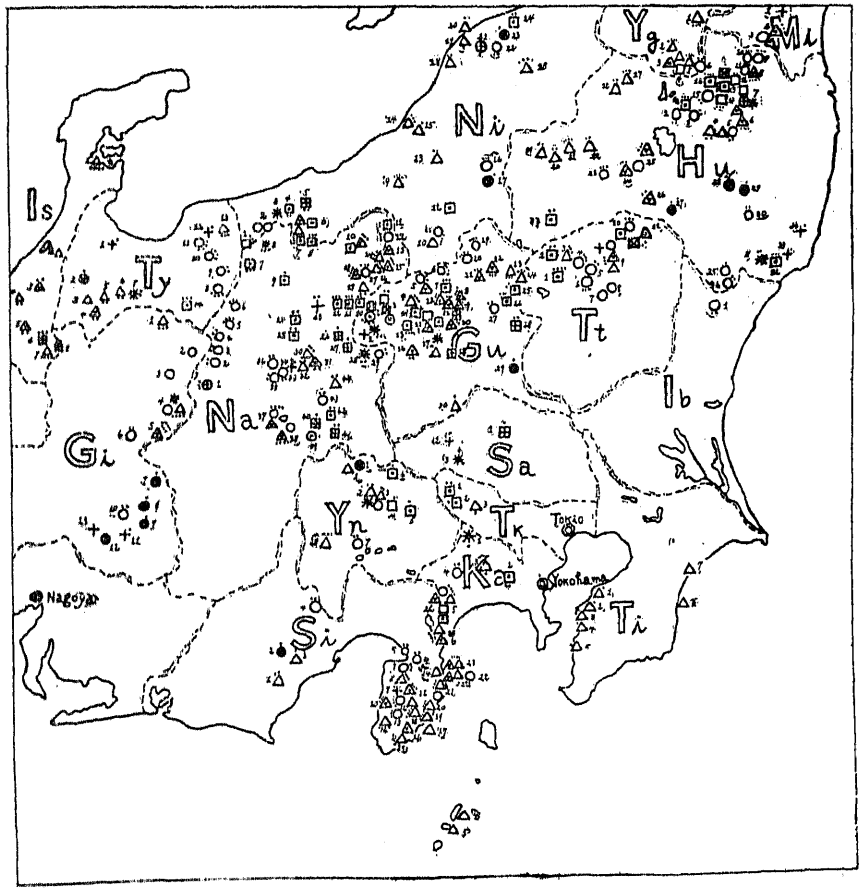
1. Nagae .....長江 .
2. Zyôbana .....城端 .
3. Soyama .....祖山
4. Ômaki .....大牧 ..
5. Yudani .....湯谷 ..
6. Yamada .....山田 ..
7. Sitanomyô .....下の名 ..
8. Babadani .....祖母谷 ....
9. Kaneturi .....鐘釣 ..
10. Kuronagi .....黒薙 ....
11. Unatuki .....宇名月 ....
12. Hunami .....舟見 .
13, Ogawa .....小川 ...
14. Tateyama .....立山 ...

Gi, GIHU-KEN

1. Yarimi .....槍見 ...
2. Gamada .....蒲田
3. Hukuzi .....福地
4. Hirayu .....平湯 ...
5. Nigogô .....濁河 ...
6. Gero .....下呂 ...
7. Ena .....恵那 .
8. Hirukawa .....蛭川 .
9. Kinryû .....金龍 .
10. Sogi .....會木 ..
11. Byakko.....白狐 .
12. Sakuradô .....櫻堂
13. Oniiwa .....鬼岩

Na, NAGANO-KEN

1. Sirahune .....白骨 ...
2. Sakamaki .....坂巻 ...
3. Nakanoyu .....中の湯 ...
4. Kamikôti .....上高地 ...
5. Nakabusa .....中房 ....
6. Kuzu .....葛 ...
7. Sirouma .....白馬 ...
8. Otari .....小谷 ...
9. Zenkôzi .....善光寺 .
10. Nozawa .....野澤 ...
11. Kumanoyu .....熊の湯 ..
12. Hoppo .....鳳凰 ...
13. Zigokudani .....地獄谷 ...
14. Kakuma .....角間 ...
15. Kanbayasi .....上林 ....
16. Sibu .....渋 ....
17. Andai .....安代 ...
18. Yutanaka .....湯田中 ....
19. Honami .....穂波 ..
20. Sitimi .....七味 ..
21. Gosiki .....五色 ...
22. Yamada .....山田 ...
23. Kagai .....加賀井 ..
24. Tokura .....戸倉 ..
25. Kutukake .....沓掛 ..
Tazawa .....田澤 ..
Bessyo .....別所 ..
26. Narahara .....奈良原 -
27. Hisinoyakusi .....菱野薬師 .
28. Hosino .....星野 ..
29. Kose .....小瀬 ..
30. Kageyu .....鹿教湯 ...
31. Rêsenzi .....霊泉寺 ..
32. Ôsio .....大塩 ..
33. Iriyamabe .....入山邊 ..
34. Yamabe .....山邊 ..



DIE HEILQUELLEN MITTELJAPANS
Erläuterungen

- ○ Einfache warme Quellen
- + Einfache Säuerlinge
- ⊕ Erdige Säuerlinge
- ✳ Alkalische Quellen
- △ Kochsalzquellen
- ⚠ Bitterquellen
- ⊞ Eisenkarbonatquellen
- □ Vitriolquellen
- ⊠ Alaunquellen
- ⊙ Saure Quellen
- ▣ Schwefelquellen
- ● Radioaktive Quellen

- • <30°
- •• 30°–50°
- ••• 50°–70°
- •••• <70°

35. Oboke .....御母家 ..
36. Asama .....淺間 ..
37. Simosuwa .....下諏訪 ....
38. Kamisuwa .....上諏訪 ...
39. Sibu .....澁 .
40. Karasawa .....唐澤 .
41. Uminokuti .....海の口 ..
42. Honzawa .....本澤 ..
43. Tatesina .....立科 ..
44. Syoya .....抑谷 ..

Gu, GUMMA-KEN

1. Kazawa .....鹿澤 ..
2. Manza .....萬座 ....
3. Kusatu .....草津 ...
4. Sima .....四萬 ...
5. Hôsi .....法師 ..
6. Yubiso .....湯檜曾 ...
7. Yuzima .....湯島 ...
8. Kamimoku .....上牧 ...
9. Yuzyuku .....湯宿 ...
10. Ikao .....伊香保 ..
11. Sasanoyu .....笹の湯 ...
12. Sawatari .....澤渡 ..
13. Kawarayu .....川原湯 ....
14. Kawanaka .....川中 ..
15. Yakusi .....藥師 ..
16. Kiritumi .....霧積 ..
17. Isobe .....磯部 .
18. Kinzansô .....錦山莊 .
19. Yunokoya .....湯の小屋 ....
20. Takaragawa .....寶川 ....
21. Minakami .....水上 ...
22. Tanigawa .....谷川 ...
23. Marunuma .....丸沼 ...
24. Sirane .....白根 ...
25. Katasina .....片品 ..
26. Oigami .....老神 ...
27. Kawayu .....川湯 ..
28. Nasimoto .....梨本 ..
29. Yabutuka .....藪塚 .
30. Yasio .....八鹽 .

Yn, YAMANASI-KEN

1. Masutomi .....增富 ..
2. Yumura .....湯村 ..
3. Kôhu .....甲府 ..
4. Sekisuizi .....積翠寺 .
5. Enzan .....鹽山 .
6. Kurobira .....黑平 .
7. Simobe .....下部 ..
8. Nisiyama .....西山 ..

Si, SIZUOKA-KEN

1. Sita .....志太 .
2. Okabe .....岡部 .
3. Mariko .....丸子 .
4. Umegasima .....梅ヶ島 ..
5. Misima .....三島 ..
6. Hatake .....畑先 ..
7. Nagaoka .....長岡 ...
Kona .....古奈 ...
8. Ôhito .....大仁 ...
Syuzenzi .....修禪寺 ...
9. Yakuma .....矢熊 ..
Tukigase .....月ヶ瀬 ..
10. Toi .....土肥 ...
11. Sagasawa .....嵯峨澤 ...
Yugasima .....湯ヶ島 ...
Hunahara .....船原 ...
Yosina .....吉奈 ...
Nirayama .....蓮山 ...
12. Yazu .....谷津 ....
13. Rendaizi .....蓮台寺 ...
14. Simogamo .....下賀茂 ....
15. Kôti .....河內 ...
16. Simoda .....下田
17. Imaihama .....今井濱
18. Mine .....峯 ....
19. Katase .....片瀨 ....
20. Atagawa .....熱川 ...
21. Itô .....伊東 ...
22. Atami .....熱海 ....
23. Izusan .....伊豆山 ....
24. Aziro .....網代

Ka, KANAGAWA-KEN

1. Bizyodani .....美女谷 .
2. Nanasawa .....七澤 .
3. Turumaki .....鶴卷 .
4. Nakagawa .....中川 ..
5. Hakone .....箱根 ....
6. Yugawara .....湯河原 ...

Ti, TIBA-KEN

1. Kisarazu .....木更津 .
2. Aohori .....青堀 .
3. Ônuki .....大貫 .
4. Sanuki .....佐貫 .
5. Iwai .....岩井 .

Tk, TÔKIO-HU

1. Ogôti .....小河內 ..
2. Matunoyu .....松の湯 .
3. Aziro .....網代 .
4. Niizima .....新島
5. Zinata .....ジナダ

Sa, SAITAMA-KEN

1. Kannonyama .....觀音山 .
2. Hatonoyu .....鳩の湯 .
3. Kuroyama .....黑山 .

Ni, NIIGATA-KEN

1. Renge .....蓮華 ..
2. Otaki .....小瀧
3. Kaziyama .....梶山
4. Tubame .....燕 ..
5. Seki .....關 ..

6. Akakura .....赤倉
7. Ikenotaira .....池の平 ...
8. Myôkô .....妙高 ...
9. Matunoyama .....松之山 ....
10. } Yuzawa .....湯澤 ....
11. }
12. Ueno .....上野
13. Koide .....小出 ..
14. Kasiwazaki .....柏崎 ...
15. Hirota .....廣田 .
16. Ôyu .....大湯 ...
17. Totiomata .....栃尾又 .
18. Teradomari .....寺泊 ..
19. Yahiko .....彌彦 .
20. Odate .....緒立 .
21. Iwamuro .....岩室 .
22. Deyu .....出湯 ..
23. Murasugi .....村杉 .
24. Tukioka .....月岡 ..
25. Kirinzan .....麒麟山 ..

Yg, YAMAGATA-KEN

1. Akayu .....赤湯 ...
2. Onogawa .....小野川 ....
3. Sirohutakayu .....白布高湯
4. Ubayu .....姥湯 ...
5. Namerigawa .....滑川 ....
6. Gosiki .....五色 ..

Mi, MIYAGI-KEN

1. Tôkatta .....遠刈田 ...
2. Kamasaki .....鎌先 ..
3. Ohara .....小原 ...

Hu, HUKUSIMA-KEN

1. Ottate .....押立 ..
2. Bantai .....磐梯 ....
3. Kawakami .....上川 ..
4. Takaô .....高王 ..
5. Iwasiroatami .....岩代熱海 ..
6. Dake .....嶽 ....
7. Tutiyu .....土湯 ...
8. Iizaka .....飯坂 ....
9. Yuno .....湯野 ...
10. Anahara .....穴原 ...
11. Tennôzi .....天王寺 ...
12. Nuruyu .....微溫湯 ..
13. Nozi .....野地 ....
Makukawa .....幕川 ....
14. Nakanosawa .....中澤 ..
15. Yokomuki .....横向 ..
16. Wasikura .....鷲倉 ....
17. Atusio .....熱鹽 ...
18. Hinaka .....日中 ..
19. Yamati .....八町 ..
Tamanasi .....玉梨 ..
20. Hayato .....早戶 ..
21. Nakanokawa .....中川 ...
22. Yanagitu .....柳津 ..
23. Yunoue .....湯上 ...
24. Oya .....小谷 ...
Asinomaki .....芦牧 ...
25. Higasiyama .....東山 ...
26. Kasi .....甲子 ..
27. Sirakawa .....白河 .
28. Bobata .....母畑 ..
29. Nekonaki .....猫啼 .
30. Yunota .....湯田 ...
31. Siratori .....白鳥 .
32. Yumoto .....湯本 ...
33. Kôya .....高野 .
34. Gyokusan .....玉山 .
35. Sionoyu .....鹽湯 .
36. Yuzimata .....湯岐 ..
37. Yunohana .....湯花 ..

Tt, TOTIGI-KEN

1. Yumoto .....湯本 ....
2. Nikkôzawa .....日光澤 ..
3. Kawamata .....川俣 ...
4. Yunisikawa .....湯西川 ...
5. Kawazi .....川治 ..
6. Kinugawa .....鬼怒川 ...
7. Taki .....瀧
8. Nakaiwa .....中岩
9. Siobara .....鹽原 ...
10. Nasu .....那須 ...
11. Itamuro .....板室 ..

Ib, IBARAKI-KEN

1. Hukuroda .....袋田 ..

Über Bedeutung und Bestimmung der Spurenelemente.

S. Osna und K. Kuroda, Chem. Inst. Kaiserl. Univ. Tokyo.

Gehalt umraumfremder Wasser

Die geochemische Erforschung der umraumfremden Quellen hat gezeigt, daß ihre Wässer vor allem folgende Ionen und neutralen Atomgruppen enthalten: Na^+, K^+, Al^{+++}, Fe^{+++}, Fe^{++}, Mg^{++}, Ca^{++}, Cl^-, SO_4^{--}, HCO_3^-, CO_3^{--}, H_2SiO_3, H^+, OH^- und außerdem gelöst oder frei CO_2, O_2, N_2. In meistens geringen Mengen aber ziemlich allgemein sind HBO_2, Mn^{++}, HS^-, S_2^{--} und an freien oder gelösten Gasen H_2S, He und andere Edelgase vertreten. Diese Stoffe sind, von Edelgasen abgesehen, sämtlich auch in anderen natürlichen Gewässern weit verbreitet, sodaß sie vorläufig zur qualitativen Kennzeichnung umraumfremder Quellen ungeeignet erscheinen. Seltener, aber gelegentlich in größeren Mengen vertreten sind: Li^+, Sr^{++}, Ba^{++}, HPO_4^{--}, NO_3^-, $S_2O_3^{--}$, $S_3O_6^{--}$, $S_4O_6^{--}$, $S_5O_6^{--}$, S_6O_6, As und CH_4. Auch diese reichen zu einer Kennzeichnung der umraumfremden Quellen noch nicht aus.

Spurenelemente

Am klarsten und allgemeinsten vermag die Geochemie die offensichtliche Sonderstellung dieser Quellen mittels der sog. „Spurenelemente" und in anderen Quellen fast völlig fehlender Stoffe — wie z. B. NH_4 — zu kennzeichen. Spurenelemente in diesem Sinne sind: Rubidium (Rb), Caesium (Cs), Radium (Ra), Radon (Rn), Titan (Ti), Zirkon (Zr), Vanadium (V), Chrom (Cr), Molybdän (Mo), Nickel (Ni), Kupfer (Cu), Silber (Ag), Gold (Au), Zink (Zn), Kadmium (Cd), Gallium (Ga), Germanium (Ge), Blei (Pb), Fluor (F), Brom (Br) und Jod (J). Diese in sonstigen Gewässern höchst seltenen Elemente sind in umraumfremden Quellen sehr weit, und zwar in absolut kleinen aber relativ hohen und höchsten Konzentrationen verbreitet. Sie erscheinen daher zusammen mit einigen anderen Merkmalen für eine genaue Definition der umraumfremden Quellen bestens geeignet.

Sowohl für geochemische und andere wissenschaftliche Arbeiten wie in praktischer Hinsicht sind sie von unverhältnismäßig hoher Bedeutung, die im Einzelnen noch garnicht zu übersehen ist. Wegen ihrer relativ großen Konzentrationsunterschiede und -schwankungen sind sie sowohl zur Unterscheidung verschiedener Schüttungen einer Quellgruppe wie zur Beschreibung von zeitlichen Veränderungen der chemischen Schüttungsqualitäten einer Quelle brauchbar. Ihre Konzentrationsschwankungen verlaufen dabei gewöhnlich nicht parallel zu denen der

oben genannten gemeinsten Elektrolyte, sondern sie pflegen viel stärker ausgeprägt zu sein als diese. Zugleich zeigt sich, daß die Mengenverhältnisse der einzelnen Elemente in einer Schüttung sich, wenn auch nicht in völliger Unabhängigkeit voneinander, so doch in sehr verwickelten, zum großen Teile noch rätselhaften Wechselbeziehungen untereinander verändern können. Damit aber bieten die Spurenelemente entscheidende Möglichkeiten, die chemische Dynamik einer solchen Quellschüttung genauer zu erfassen. Diese Dynamik stellt ein zweites grundlegendes Charaktermerkmal der umraumfremden Quelle dar.

Daß Spurenelemente als unterscheidendes Merkmal der umraumfremden Quelle auftreten, muß seine Ursachen in der Herkunft dieser Schüttungen und in den hydrologischen Bedingungen haben, denen sie vor dem Austritte unterliegen (t, juvenile Stoffe, Druck, Gesteinskontakt). Damit können anteilmäßig geringe Bestandteile einer Schüttung ganz entscheidende Einblicke in Zustände und Vorgänge, die in tieferen Erdschichten herrschen und unmittelbar unzugänglich sind, gewähren. Der Brauchbarkeitswert der einzelnen Elemente ist dabei natürlich, den chemischen Eigenschaften, der Herkunft und örtlichen Bedingungen entsprechend, sehr verschieden (z. B. Bedeutung des Pb-Gehalts im Hinblick auf den radioaktiven Zerfall, Zusammenhänge zwischen Cr- und V-Gehalt einerseits und freien Säuren andererseits u.a.). Hier schließen sich die umstrittenen Probleme der juvenilen Stoffe (d. h. Stoffe magmatischer Herkunft) und der Allgegenwart der Elemente in den Schüttungen umraumfremder Quellen an.

Es ist ferner anzunehmen, daß viele der Spurenelemente sowohl innerhalb der Schüttung selbst wie bei Berührung dieser mit anderen Stoffen entscheidende katalytische Wirkungen ausüben können. Darin dürfte die wesentliche biologische Bedeutung dieser Elemente begründet sein. Nach Schwabes Auffassung beruht die ökologische Sonderstellung des thermalen Lebensraumes umraumfremder Quellen in erster Linie in der chemischen Dynamik (Unausgeglichenheiten) des Wassers und in solchen katalytischen Wirkungen. (Daß zwischen Spurenelementen und dieser Dynamik enge Zusammenhänge bestehen, ist ohne weiteres klar und wurde oben bereits erwähnt). Die biologischen Wirkungen sind es aber schließlich, die in der Balneotherapie auf den Menschen bezogen ausgewertet werden. Somit sind die Spurenelemente in umraumfremden Quellen von unmittelbar praktischem Werte.

Methodik

Bei der umrissenen vielseitigen und grundlegenden Bedeutung dieser Stoffe kommt es nun darauf an, eine entsprechende Methodik zu ihrer Erfassung zu entwickeln. Die gewöhnlichen analytischen Arbeitsweisen müssen in mancher Hinsicht zweckentsprechend abgewandelt werden, was bisher nur zu einem kleinen Teile geschehen ist.

Die chemischen Analysenergebnisse, über die unsere bisherigen Veröffentlichungen und auch die vorgetragenen Mitteilungen über Masutomi (S. 57) berichten, wurden mittels der folgenden Methoden gewonnen.

Polarograph

Die polarographische Methode: Der Polarograph wurde zum ersten Male in Prag im Jahre 1924 gebaut und von J. Heyrovsky und M. Shikata an der Kaiserlichen Universität Kyoto in die Arbeit eingeführt. Dieser Apparat wird heute in der Industrie und in wissenschaftlichen Instituten zur Mikro- und Schnellanalyse allgemein benutzt. Der Polarograph erweist sich als sehr geeignet, häufige Spurenelemente wie Cu, Zn, Pb, Cd u. a. noch in geringsten Mengen in Quellwässern mit einem Fehler, der unterhalb 10% liegt und bei steigender Konzentration dieser Elemente bald unter 1% absinkt, zu bestimmen. Die Grundlage der polarographischen Methode ist die Elektrolyse. In die Wasserprobe werden eine größere Anode und eine kleine Tropfkathode eingesetzt. Die Elektrolysenspannung wird automatisch und kontinuierlich gesteigert und zusammen mit der entsprechend steigenden Stromstärke auf einer Schreibtrommel automatisch aufgezeichnet. Dabei treten stufenförmige Unstetigkeiten in der Stromstärkekurve auf, die darauf beruhen, daß das Reduktionspotential der einzelnen Ionen einen bestimmten konstanten Wert hat. Damit gibt jede Stufe das Vorkommen eines bestimmten Ions an. Da unter geeigneten entsprechenden Bedingungen der Diffusionsstrom der Konzentration des Ions proportional ist, kann die Stufenhöhe quantitativ analytisch ausgewertet werden.

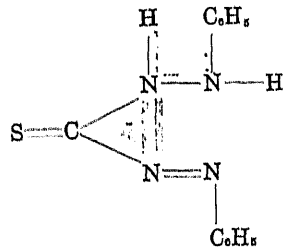
Der Polarograph wurde zuerst von deutschen Chemikern (5) und später von Italienern (30) für die Untersuchung von Thermal- und Mineralwässern benutzt. Sowohl die von Majer (18) entwickelte Schnellbestimmung der Alkalimetalle wie die von Heller u. a. stammende (5) gleichfalls polarographische Analysenmethode für Spurenelemente wurden von den Verfassern erprobt und für die Untersuchung umraumfremder Quellen Japans benutzt. Die Untersuchungen sind noch im Gange und brachten bisher mancherlei Überraschungen. So konnte nachgewiesen werden, daß einige japanische Quellen (darunter auch Masutomi) erheblich reicher an Schwermetallen sind als die deutschen, von denen Heller berichtet. Die kieselsäurereiche Solquelle Aoki-Kôsen (Südalpen, Yamanashi-ken) weist einen außerordentlich hohen und jahreszeitlich schwankenden Zn-Gehalt von 88.3 – 133.1 mg/l auf. 1 ccm Wasserprobe reichte hier für die polarographische Analyse völlig aus. Insbesondere fällt schließlich der erhöhte Schwermetallgehalt der in Japan sehr häufigen stark sauren Schüttungen auf. Im Einzelnen wird über die verschiedenen Ergebnisse später berichtet.

Die Schwächen der polarographischen Methode bestehen vor allem in gegenseitigen Störungen verschiedener Metalle, deren Reduktions-

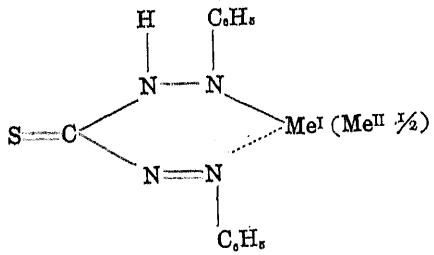
potentiale sehr nahe beieinander liegen wie z. B. Co, Zn und Ni. Außerdem können Elemente (wie O_2 und Fe^{+++}) mit stärker positivem Reduktionspotentiale stören und eine unmittelbare polarographische Analyse unmöglich machen. Aus diesen Gründen müssen die zu bestimmenden Schwermetalle erst aus der Wasserprobe isoliert und in eine bestimmte „Grundlösung" übergeführt werden. Die Extraktion störender Schwermetalle geschieht am besten mittels Dithizon (siehe unten). Die Dithizon-Methode ergänzt die polarographische in vollkommener Weise.

Dithizon

Die Dithizon-Methode beruht auf der Eigenschaft des Diphenylthiokarbazons auch geringste Metallmengen vollständig an sich zu binden und in Metallkomplexe überzuführen, die in Wasser praktisch unlöslich, in Chloroform und Tetrachlorkohlenstoff dagegen leicht löslich sind. Außerdem sind diese Metallkomplexe stark gefärbt. Die Dithizon-Methode wurde vor etwa zehn Jahren von H. Fischer entwickelt. Die Ketoform des Diphenylthiokarbazons hat folgende Molekularformel:



Die Metallverbindung dieser Form bietet folgendes Bild:



Da die meisten Metallverbindungen des Dithizons sehr ähnlich gefärbt sind (alle Lösungen zwischen Gelb, Rot und Violett), müssen, um kolorimetrisch arbeiten zu können, die verschiedenen Ionen getrennt extrahiert werden. Das ist leicht möglich, denn, wenn die Probelösung z. B. Cyanion (CN^-) enthält, wird durch Kohlenstofftetrachloridlösung

nur Pb extrahiert. Bei Gegenwart von Thiosulfation ($S_2O_3^{--}$) wird nur Zn extrahiert und bei pH 3 nur Ag und Cu. Die unter letzterer Bedingung gleichfalls noch extrahierbaren Ionen Au, Hg, Pt und Pd spielen praktisch in Quellschüttungen keine Rolle. In der angedeuteten Weise ist es also möglich die einzelnen Spurenelemente in völlig ausreichender Weise zu trennen und jedes einzeln mittels Pulfrich-Photometer kolorimetrisch zu bestimmen.

Somit ergänzen sich also die beiden Methoden bei der Bestimmung der Spurenelemente in Quellwässern in bester Weise. Um genügende Sicherheit und Genauigkeit der Ergebnisse zu erreichen, pflegen wir nach Möglichkeit jedes Element sowohl polarographisch wie mittels der Dithizonmethode zu bestimmen. Für die erste Orientierung und für eine qualitative Übersicht der Gehalte eines Quellwassers benutzen wir die spektrographische Methode, die jedoch für quantitative Auswertungen zu umständlich — im Vergleich mit den beiden behandelten Methoden — erscheint.

Ra, Rn

Radium- und Radonbestimmungen: Unter den Spurenelementen spielt das Radium eine besondere Rolle. Seine Mengen sind stets so gering, daß eine chemische Analyse unmöglich ist. Wir benutzen daher, wie das stets üblich ist, durchweg physikalische Methoden, die auf Strahlungserscheinungen beim Zerfall des Radiums aufgebaut sind. Für die Ermittlung des Radongehaltes („Radioaktivität"), die an der Quelle selbst vorgenommen werden muß, werden etwa 3 Stunden benötigt. Unser wichtigstes Bestimmungsgerät ist das EM-Fontaktoskop von „Riken"-Tokyo. Für Radiumbestimmung verwenden wir den Präzisions-Radonmessungsapparat nach Iimori, der von der gleichen Firma hergestellt wird. Die in eine Curie-Flasche eingeschmolzene Wasserprobe wird für diesen Zweck nach einmonatigem Lagern verarbeitet („bleibende Radioaktivität").

Vergleichende Bestimmungen

Vergleichende Bestimmungen: Um über die gegenseitigen Abhängigkeiten und die zeitlichen Veränderungen der Spurenelemente ein ungefähres Bild zu bekommen, werden an mehreren Quellen einer Quellgruppe in gewissen Zeitabständen die verschiedenen Bestimmungen wiederholt.

Wie oben (S. 6) gesagt wurde, bestehen zwischen den Konzentrationen der einzelnen Ionen und ihren zeitlichen Veränderungen mancherlei Zusammenhänge. Wenn zwischen zwei Schüttungen ein Konzentrationsunterschied für irgend ein Ion festgestellt wird, dann müssen mit Sicherheit auch Unterschiede für andere Ionen erwartet werden, die keineswegs gleichsinnig zu sein brauchen. Mit anderen Worten ausgedrückt gibt es keine zwei Quellen, die Konzentrationsunterschiede nur für ein Ion allein aufweisen könnten, während sie im übrigen

völlig identisch sind. Entsprechendes gilt für den Fall, daß eine zeitliche Veränderung in der Konzentration eines bestimmten Ions festgestellt wird. Auch dann muß mit völliger Gewißheit damit gerechnet werden, daß sich gleichzeitig der Gehalt an anderen Ionen verändert. In der Untersuchung dieses Systems der gegenseitigen Abhängigkeiten der Ionen — dem natürlich auch die neutralen Atomgruppen und andere Schüttungsfaktoren wie tA, pH usw. angeschlossen sind — liegt eine der bedeutensten quellchemischen Aufgaben der Gegenwart und der Zukunft. Die Schüttung stellt sozusagen ein dynamisches System dar, das nicht als Summe verstanden, sondern nur als Komplex zahlreicher verschiedener Funktionen zwischen den einzelnen Gliedern erfaßt werden kann. Nur auf diesem Wege kann an die Lösung grundsätzlicher Fragen, wie sie etwa die Herkunft der einzelnen Bestandteile und die Juvenilität bieten, überhaupt gedacht werden. Nur auf diesem Wege wird es auch möglich sein, der Biologie und Balneologie von chemischer Seite Beiträge zum Verständnis sonst ganz unbegreiflicher biologischer Wasserwirkungen zu geben. — Der methodische Wert der Spurenelemente bei Bearbeitung dieser Aufgabe wird daher ganz bedeutend erhöht durch gleichzeitige Beobachtungen über Mengenverhältnisse und -änderungen der oben (S. 6) zuerst genannten allgemeinverbreiteten und häufigen Bestandteile und anderer Faktoren, wie tA, pH, Leitfähigkeit, interferometrische Konstante usw. Von den allgemein verbreiteten Bestandteilen beachten wir — sozusagen als „Indikatoren" für funktionale Zusammenhänge — mit bestem Erfolg besonders CO_2 (Problem der Juvenilität, gelegentlich Beziehungen zu Ra und Rn), Cl^- (Problem der Juvenilität, allgemeine Konzentrationsschwankungen u. a.) und SO_4. Zu ihrer Bestimmung werden folgende z. T. abgewandelte Methoden gebraucht.

CO_2

Gesamtkohlensäure: Wenn freie Kohlensäure durch Titration mit titrierter Natriumkarbonatlösung gegen Phenolphtalein bestimmt wird, tritt bei natürlichen Wässern häufig kein genügend scharfer Farbumschlag ein. Darunter leidet auch die Genauigkeit der Werte für die Gesamtkohlensäure, die sich aus freier und mittels n/10 normaler Salzsäure gegen Methylorange titrierter Bikarbonat-Kohlensäure zusammensetzt, beträchtlich. Wir bestimmen daher die Gesamtkohlensäure auf folgendem Wege direkt: Zu 25 ccm Wasserprobe wird in einem Kolben von 100 ccm, dessen Hals an zwei Stellen verengt ist, Bariumhydroxydlösung im Überschuß durch Filter zugesetzt. Danach wird der Kolben zu einer Ampulle zugeschmolzen. Nachdem die Gesamtkohlensäure als Bariumkarbonat und das Sulfation als Bariumsulfat gefällt sind, wird die Probe im Laboratorium weiter verarbeitet. Diese Vorgänge und auch die unter Bildung von Calciumhydroxyd erfolgende vollständige

Umwandlung ursprünglich vorhandenen Calciumkarbonats in Bariumkarbonat wurden im Kontrollversuch mittels spektroskopischer Analyse bestätigt. Der abfiltrierte Bariumniederschlag wird mit kohlensäurefreiem Wasser gewaschen und im Überschuß mit verdünnter Salzsäure versetzt. Das aus dem Filtrat mit Schwefelsäure gefällte Bariumsulfat wird gewogen, womit die Gesamtkohlensäure im Probewasser ohne weiteres berechnet werden kann. Wenn daneben noch die Bikarbonatkohlensäure durch Titration mit eingestellter Salzsäure gegen Methylorange bestimmt wird, ist auch die freie Kohlensäure durch Subtraktion zu ermitteln.

, SO_4^{--} **Chlorid und Sulfat:** Beide Ionen sind im Vergleich mit den Spurenelementen besonders wertvoll. Reihenbestimmungen dieser beiden Ionen vermitteln oft wertvolle chemisch-hydrologische Hinweise und Einblicke. — Cl-Gehalt der Quellwässer wird wie gewöhnlich durch Titration von 10 ccm Wasserprobe mit etwa n/10 normaler Silbernitratlösung gegen Kaliumchromat bestimmt. — Sulfat wird im allgemeinen gravimetrisch erfaßt. Wegen der Umständlichkeit der Methode wird häufig auch kolorimetrisch gearbeitet. Diese Arbeitsweise beruht darauf, daß Bariumchromat bei Zusatz von Sulfation kolorimetrierbares Chromation in Freiheit setzt. Die aus Bariumchromatbrei durch 25 ccm Probewasser befreite Chromatmenge wird mit Pulfrich-Photometer kolorimetriert.

Schweres Wasser: Bei dem Versuch, die chemische Dynamik umraumfremder Quellen im umrissenen Sinne zu erfassen, spielt die Isotopenforschung eine wesentliche Rolle. Über ihre besonderen Beziehungen zur Hydrologie der Quellströme wird später in anderem Zusammenhange näher berichtet. Naturgemäß sind die Isotopen des Wassers selbst, die erst in neuerer Zeit bekannt wurden, von größter Wichtigkeit in dieser Richtung.

topen

Im Jahre 1912 entdeckte J. J. Thomsen durch seine „Kanalstrahlenanalyse" zum ersten Male Isotopen beim Neon, das bei einem Atomgewicht von 20.183 aus 90% Ne^{20}, 0.27% Ne^{21} und 9.73% Ne^{22} besteht. Danach setzte ein allgemeines Suchen nach Isotopen bei anderen Elementen ein. Im Jahre 1929 gelang Giauque und Johnston durch Analyse der Feinstruktur des Absorptionsspektrums der Nachweis von O^{18} und O^{17} im atmosphärischen Sauerstoff. Das Absorptionsspektrum war bereits 1927 von Dicke und Babcock aufgenommen worden. Urey, Brickwedde und Murphy fanden im Destillationsreste verflüssigten Wasserstoffs an Hand des Emissionsspektrums H^2. Lozier, Smith und Bleakney wiesen massenspektrographisch im elektrolytisch gewonnenen schweren Wasserstoffe H^3 nach. Wegen ihrer großen Atomgewichtsdifferenzen werden die drei H-Isotopen öfter als verschiedene Elemente

betrachtet und demgemäß als Deuterium ($D = H^2$), Tritium ($T = H^3$) und Protium (H) bezeichnet. Im natürlichen Wasser kommen alle genannten Isotopen in etwa folgenden Verhältnissen vor:

$$O^{16} : O^{17} : O^{18} = 1 : 0.0003 : 0.002$$
$$H : D : T = 1 : 0.0002 : 10^{-9}$$

Man unterscheidet also im Wasser 18 verschiedene Moleküle, deren Mengenverhältnisse sich mittels der Wahrscheinlichkeitsrechnung bestimmen lassen (Tab. 1). H_2O^{16} hat also das niedrigste Molekulargewicht, weshalb die 17 anderen isotopischen Moleküle zusammenfassend als „schweres Wasser" bezeichnet werden. In dieser Weise summarisch ausgedrückt sind in natürlichen Gewässern durchschnittlich 0.3% schweres Wasser enthalten. Kleine Unterschiede in dieser Gesamtkonzentration der schweren Wasserisotopen in verschiedenen Gewässern wurden seit 1934 von einigen Autoren behandelt. Es wäre zweifellos von großem Werte, wenn man die einzelnen Isotopen, die solche Gewichtsunterschiede verursachen, bestimmen könnte. Gegenwärtig muß man sich jedoch noch damit begnügen, summarische Werte für die schweren Isotopen, d.h. Dichteunterschiede in verschiedenen natürlichen Gewässern zu ermitteln. Die Dichte eines Wassers steigt mit der Gesamtkonzentration der in ihm enthaltenen schweren Isotopen. Wir können heute an vollständig gereinigten Wässern mittels der „Schwimmermethode" Dichteunterschiede mit einer Fehlergrenze von 0.1γ bestimmen. Die Untersuchung wird bei +7° bis +8° durchgeführt (36). 1 γ ist ein Millionstel, also 1×10^{-6} der Dichteeinheit. Nähere Ausführungen über die genaue Definition der Dichteeinheit bei unseren Arbeiten folgen später. In den nachfolgenden Ausführungen wird der Einfachheit halber 1 γ gleich 1×10^{-6}g gesetzt, was praktisch ohne Bedenken zutrifft. 0.1 γ ist derzeit die kleinste Fehlergrenze, die bei unseren Arbeiten erreicht werden konnte. Dieser Dichteunterschied von 0.1 γ ist so winzig, daß er die Eintauchtiefe einer riesigen Senkwage von 10 m Länge eben um 1 μ

Molekül	Molekulargewicht	Molekülanteil
$HO^{16}H$	18	0.997
$HO^{18}H$	20	0.002
$HO^{16}D$	19	0.0004
$HO^{17}H$	19	0.0003
$HO^{18}D$	21	10^{-6}
$HO^{17}D$	20	10^{-7}
$DO^{16}D$	20	10^{-8}
$HO^{16}T$	20	10^{-9}
$DO^{18}D$	22	10^{-10}
$DO^{17}D$	21	10^{-11}
$HO^{18}T$	22	10^{-12}
$HO^{17}T$	21	10^{-13}
$DO^{16}T$	21	10^{-13}
$DO^{18}T$	23	10^{-16}
$DO^{17}T$	22	10^{-17}
$TO^{16}T$	22	10^{-18}
$TO^{18}T$	24	10^{-21}
$TO^{17}T$	23	10^{-22}

Tab. 1: Die Wasserisotopen und ihre Mengenverhältnisse im natürlichen Wasser.

d. h. um ein Tausendstel Millimeter verändern würde. Ein Dichteunterschied von 0.1 γ entspricht praktisch einer Abweichung im Gesamtgehalte an schweren Wasserisotopen vom Standardwasser von 0.00009% der Atomanzahl. Den Dichteunterschied zwischen einem natürlichen Wasser und dem wegen seiner praktisch unveränderlichen Dichte als Standardwasser benutzten Leitungswasser der Stadt Tokyo nennen wir Δ d. Δ d

Wie bereits in einer früheren Mitteilung über Kusatu (27) kurz erwähnt wurde, ist das Δ d des Wassers juveniler Herkunft offenbar größer als Δ d von Wässern vadosen Charakters. Wir versuchen nun auf Grund von Dichtebestimmungen an postvulkanischen Wässern — Fumarolendämpfe, Thermen und Mineralquellen — Näheres über die Herkunft genannter Wässer zu ermitteln. Über unsere bisherigen Ergebnisse in dieser Hinsicht wurde bereits andernorts (21–27) berichtet.

Die Δ d-Bestimmungen werden selbstverständlich wesentlich wertvoller und aufschlußreicher, wenn sie zu anderen Gehalten und Faktoren der Schüttung in Beziehung gesetzt werden, wie dies die hier (S. 63) veröffentlichten Ergebnisse von Masutomi erkennen lassen.

Über Blaualgen in umraumfremden Quellen.

G. H. Schwabe, vom Reichsforschungsrat Berlin.

Gliederung:

A. Zur Arbeitsweise 15
B. Blaualgen und umraumfremde Quellen 17
C. Über *Hapalosiphon laminosum* 19
D. Beobachtungen an anderen Arten 38
a. Über Heterozysten 38
b. Über Zellteilung und Trichomverzweigung .. 40
E. Vergleichende Beobachtungen an „Tengu-no-mugimeshi" (TMM 天狗ノ麥飯) 46
F. Vergleichende Schlußbetrachtung 55

A. Zur Arbeitsweise.

Die mehrfach erörterte Sonderstellung umraumfremder Quellen in ökologischer Hinsicht (vgl. 35) beruht nach bisherigen Beobachtungen vor allem in folgenden Eigenarten dieser Gewässer: Kennzeichnung

1. sonnenunabhängiger Wärmezuschuß aus dem Wärmevorrat des Erdinnern (Ablösung der Lebensvorgänge vom tages- und jahreszeitlichen Temperaturgange, temperaturgemäße Raumgliederung usw.);

2. abweichende chemische Zusammensetzung des Wassers (Wirkungen der Gesamtkonzentration, einzelner Ionen und „Ionen-Antagonismen") und

3. chemische Unausgeglichenheiten des Wassers, die ihre Ursachen in Druckverminderung, Abkühlung, teilweiser Entgasung und Luftzutritt haben und in Trübungen, Ausfällungen, Entgasungen unmittelbar erkennbar werden können. Chemische Unausgeglichenheiten sind für die Ökologie keine Zustände sondern Erscheinungsformen eines abiotischen Stoffwechsels, in dessem Verlaufe sowohl als Zwischen- wie als Endstufen Stoffe im *status nascens*, also in erhöhter chemischer Aktivität auftreten. (Sonst sind solche abiotischen Stoffwechsel in größerem Maße vor allem als Verwitterungsvorgänge und bei der Mineralisation

organischer Stoffe festzustellen. Allen diesen Räumen erhöhten abiotischen Stoffwechsels sind — z. T. neben Myxomyceten — Blaualgen in auffallender Weise zugeordnet. Im einzelnen ist über die biologische Wirkung von Unausgeglichenheiten noch wenig bekannt.)

„Faktoren-analyse“

Um nun die damit umrissene Sonderstellung genannter Gewässer genauer zu erfassen, erscheint der Versuch die drei Eigenschaftsgruppen einer chemischphysikalischen Analyse zu unterwerfen von vornherein aussichtslos. Auch ein „Mikrokosmos“ ist in diesem Sinne nicht analysierbar. Man wird nunmehr daran denken, die biologischen Befunde wenigstens zu den offenbar oder anscheinend wirksamsten „Faktoren“ in Beziehung zu setzen, um damit die dem Lebensraume eigentümlichen Gesetzmäßigkeiten zu erfassen. Dieser Weg ist zwar nur zum Teil gangbar und führt nur in Einzelfällen zum gewünschten Erfolge, aber er vermittelt die Ansätze für die eigentliche ökologische Arbeitsweise in diesem Bereiche. Es ergeben beispielsweise Bestimmungen der oberen Temperaturgrenze unter Beachtung aller Fehlermöglichkeiten für die gleiche Art in verschiedenen Quellen verschiedene, manchmal um 10° und mehr von einander abweichende Werte. Derartige Ergebnisse machen einerseits den ökologischen Versuch notwendig und lassen andererseits auf Grund weiterer Beobachtungen erkennen, daß die obere Temperaturgrenze u. a. durch folgende Umstände von Fall zu Fall in wechselndem Umfange verschleiert oder mitbestimmt wird:

Grenz-t

1. Die unbekannte tW-Schwankung am Standorte täuscht eine zu niedrige t-Grenze vor.
2. Die höchsten tW-Werte können nur bei einer bestimmten kleinen tW-Schwankung erreicht werden.
3. Die Art kommt in verschiedenen morphologisch nicht erkennbaren „physiologischen Rassen“, die sich durch verschiedene Grade der t-Widerstandsfähigkeit unterscheiden, vor.
4. Der Chemismus des Wassers wirkt mitbestimmend auf die t-Grenze.
5. Lichtverhältnisse beeinflussen die t-Grenze.
6. Eine mit der beobachteten in hemmender oder ausschließender Wechselwirkung stehende Art verhindert ihr Vordringen in Bereiche höherer tW (34 S. 49).

Für alle sechs Möglichkeiten liegen Beispiele oder doch zwingende Hinweise vor, über die im Einzelnen später berichtet wird. Entsprechende Hindernisse stehen auch den Versuchen entgegen, mittels anderer „Faktoren“-abhängigkeiten das ökologische Wirkungsgefüge zu erfassen und darzustellen. Unmittelbare Abhängigkeiten biologischer Sachverhalte von einem einzelnen „Faktor“ beruhen gewöhnlich auf

willkürlichen Vereinfachungen. Um ein möglichst getreues Bild des ganzen ökologischen Gefüges zu gewinnen, ist die kurz umrissene Sonderstellung, die diese Räume in chemischer und physikalischer Hinsicht aufweisen, stets zu beachten. Diese Sonderstellung beruht aber in einer Fülle verschiedenster Eigenarten, die einerseits schon untereinander in chemisch-physikalischen Wechselbeziehungen stehen (z. B.: tW-Druck-Konzentration-Entgasung-Sinterung) und von denen andererseits der gesondert erfaßbare „Faktor“ (z. B.: tW) allein sehr verschiedene biologische Wirkungen gleichzeitig auslösen kann. Aus diesen Gründen müssen auch Versuche, floristische und faunistische Befunde in unmittelbarer Beziehung auf einen einzelnen Faktor zu deuten, scheitern. Daher sind vorerst nach den bisherigen Erfahrungen nur zwei Arbeitsweisen, die sich gegenseitig bestens ergänzen, einigermaßen gesichert und brauchbar: das ökologische Experiment und die beschreibende und vergleichende Darstellung des Lebensgeschehens im natürlichen Lebensraume, die als ständige Grundlage der Gesamtarbeit anzusehen ist und Ausgangsebene für „Deutungsversuche“ werden kann.

B. Blaualgen und umraumfremde Quellen.

Eine nach diesen Gesichtspunkten arbeitende Thermalökologie muß sich nun, mag sie eine balneotherapeutische Auswertung oder praktisch zweckfreie Ziele verfolgen, bevorzugt den Blaualgen zuwenden, die auffallend enge Beziehungen zu den eingangs genannten physikalischen und chemischen Eigenarten dieser Gewässer zeigen. Die Blaualgen können in folgenden Hinsichten ausgewertet werden: Merkmale

1. Artenzusammensetzung;
2. mengenmäßige Entwicklung einzelner Arten;
3. ökologische Gliederung des Lebensraumes nach seiner Besiedlung;
4. Wuchs- und Verbandsformen (vergl. S. 19 u. 25);
5. Zusammensetzung und Arbeitsweise (Funktion) einzelner Lebensgemeinschaften (unter Einbeziehung anderer Bewohner des Lebensraums);
6. thermal bedingte Abwandlungen der Lebensvorgänge und -abläufe.

Die damit scheinbar schon erschlossene Fülle verschiedener Ansatzmöglichkeiten wird jedoch vorerst noch erheblich eingeschränkt durch Unzulänglichkeiten der gültigen Blaualgen-Systematik. Diese bestehen, wie sich zeigt, in der zu starken Bewertung zellmorphologischer Merkmale. Bei gleichzeitiger Vernachlässigung anderer Möglichkeiten muß so natürlich der ursprünglich für geschlechtlich sich fortpflanzende

Organismen geprägte Artbegriff bei den Blaualgen — wie vielleicht überhaupt bei den Ungeschlechtlichen — vielfach zweifelhaft werden. Darin besteht ein weiteres Hindernis für die ökologische Auswertung von Artenverzeichnissen, was besonders deshalb bedauerlich ist, weil ein mengenmäßig großer Teil des thermalbiologischen Schrifttums gerade Blaualgenfloren behandelt. Die Bearbeitung folgender Fragen verspricht darüber hinaus weitere Ansatzpunkte für die quellökologische Arbeit selbst:

1. Wie weit sind morphologische Merkmale einer Blaualge als umweltbedingt und wie weit sind sie als „arteigen" anzusehen? Dabei wird vor allem die Formenmannigfaltigkeit der einzelnen Art darzustellen sein.

2. Welche nicht morphologischen und insbesondere welche ökologisch erfaßbaren Merkmale stehen für Festlegung oder Sicherung einer Blaualgenart zur Verfügung? Damit soll der als Bestimmungsgrundlage reichlich umständliche Kulturversuch nach Möglichkeit ersetzt werden.

Folgende Begriffe haben sich bei der bisherigen Arbeit als zweckmäßig erwiesen und werden auch in nachstehenden Ausführungen gebraucht: Unter **Gestalthärte** als einem Maß für die äußere Formabhängigkeit von Daseinsbedingungen soll die Strenge verstanden werden, mit welcher eine Alge in allen ihr zugänglichen Räumen ein scharf begrenztes, typisches Gestaltbild beibehält. Der Grad der Gestalthärte ist somit bestimmend für den Umfang des Formenreichtums und ist sowohl auf Maße und Formen der Zellen und Trichome wie des Verbandsbaus zu beziehen und gegebenenfalls später auch in physiologischer Richtung auszuweiten. — Blaualgen pflegen gewöhnlich nicht in einzelnen „Individuen" sondern gehäuft vorzukommen. Diese Häufung wird als **Verband** bezeichnet. Mit dieser die Lagerbildung einschließenden Bezeichnung soll die Zusammengehörigkeit aller Häufungserscheinungen von der planktonischen und neustischen Verteilung einerseits bis zur *Nostoc*-Kugel andererseits für die ökologische Betrachtung zum Ausdruck kommen. „Lager" bezeichnet nur einen Teil dessen, was als Verband Raumbedingungen einerseits und Arteigentümlichkeiten andererseits entsprechend entsteht und durch seine Lebenstätigkeit die ursprünglichen Raumbedingungen seinerseits beeinflussen und abwandeln kann. Ein Lager ist ein zusammenhängender oder auf fester Unterlage ruhender dichter Verband. Seine Grenzformen sind einerseits der Beschlag (vgl. 34 S. 47) und andererseits die planktonische Flocke. Wenn nicht anders bemerkt, werden mit Verband und Lager ± reine Bestände einer Art bezeichnet. So deckt sich Verband z. T. mit der Bezeichnung Bevölkerung (Population), die jedoch nichts über den

Gestalthärte

Verband

ökologischen Charakter der Häufung aussagt. In ähnlicher Weise sind die Bezeichnungen Mischverband und Mischlager für gemeinsame Häufungsformen verschiedener Algenarten mit dem systematisch unbegrenzten Oberbegriffe Lebensgemeinschaft verwandt. Weil jedoch alle in einem Raume auftretenden Algen eine Summe gemeinsamer Forderungen (z. B. Licht, Nährsalze) stellen und zugleich eine Summe gemeinsamer Wirkungen (z. B. Gaswechsel) ausüben, und weil außerdem noch die äußeren Formen solcher Häufungen für Ausmaß und Eigenart genannter Wechselbeziehungen ausschlaggebend sein können, erscheint der Begriff „Verband" arbeitstechnisch zweckmäßig. Die „**Lagerdichte**" oder „**Verbandsdichte**" als Maß für die Erfüllung des eingenommenen Raums mit lebenden Algen gibt bei Einzelligen an, wie groß der durchschnittliche Zwischenraum zwischen den einzelnen Zellen, ausgedrückt in Zelldurchmessern, ist. Bei Hormogonalen wird nach Möglichkeit die Lagerdichte in Trichomdurchmessern ausgedrückt.

Dichte

Ein großer Teil der in den folgenden Ausführungen spürbaren Lücken ließ sich infolge des derzeitigen Mangels an einschlägigem Schrifttum nicht schließen. Aus dem gleichen Grunde konnten manche nur aus eigenen Beobachtungen abgeleiteten Folgerungen nicht ausreichend geprüft werden. Auch eine Reihe sonstiger, durch gegenwärtige Umstände und häufige Ortswechsel bedingter Schwächen soll zu gegebener Zeit nach Möglichkeit behoben werden. Vorläufig bleibt nichts anderes übrig, als um entsprechende Nachsicht zu bitten.

C. Über *Hapalosiphon laminosum* (=*Mastigocladus laminosus* Cohn).

Die nachstehenden Mitteilungen sind auf Beobachtungen vorwiegend an lebendem Material aus Island, Chile und Japan begründet. Die isländischen Proben (1931-32) stammten größtenteils aus Sudur-Reykir, Reykjanes-Isafjördur, Reykjanes-Grimsnes und Hverakot (vergl. dazu 31). In Chile wurde (1935-38 und 1939-41) Material aus Pto. Puyuhuapi (Prov. Aysen), Lago Rupanco und besonders Termas de Puyehue (Prov. Osorno) bearbeitet (vgl. 33). Japanisches Material liegt bisher nur von der Therme Sannomaruyu in Kamisuwa (Naganoken) vor. Über die genannten Thermen soll, soweit das noch nicht geschehen ist, später im Zusammenhang berichtet werden. (Im neueren japanischen Schrifttum, das im einzelnen wegen der sprachlichen Schwierigkeiten außerhalb Japans kaum zugänglich ist, werden zahlreiche weitere Fundorte mitgeteilt).

An den genannten Fundorten wurden die in Tab. 1 enthaltenen Standort-t, pH- und Alk-werte bestimmt. Zum Vergleich damit werden die entsprechenden Daten der Deutschen Limnologischen Sunda-Expedi-

Standortdaten

tion für Thermen in Süd- und Mittelsumatra (4 S. 344 und 356/7) angeführt. In Island wurde Material aus mehr als 15 und in Chile aus mehr als 20 Austritten geprüft. Genaue Angaben können für Island nicht gegeben werden, da die diesbezüglichen Tagebücher hier nicht zur Verfügung stehen. In Chile wurde wochenlang nur lebendes Material geprüft, sodaß eine Zuordnung zu bestimmten Einzelaustritten einer Quellgruppe nicht immer möglich ist. Das Gleiche gilt für die Fundzahlen in Tab. 2. Es werden daher Mindestzahlen angegeben.

	tW | °C		pH	Alk	Austritte
Island	30 – 60.2	(– 63)	8.0–9.3	0.45–1.40	> 15
Chile	35 – 59.0	(– 61)	7.2–8.5	0.50–1.50	> 20
Japan	–	(> 61)	7.2	1.34	1
Sumatra	32 – (57)		6.7–7.5	5.08–9.94	3
Grenzwerte	30 – 60.2	(< 64)	6.7–9.3	0.45–9.94	> 40

Tabelle 1. Standortbedingungen von ***Hapalosiphon laminosum.***

t-Grenzen

Die ökologische Spannweite der Art fällt nach Tab. 1 besonders ins Gewicht, wenn man sich vor Augen hält, daß es sich — mit ganz wenigen Ausnahmen, die wohl einer genaueren Prüfung bedürfen — um eine streng thermalgebundene, kosmopolitische Alge handelt. Daß genaue t-Werte für die thermale Untergrenze nicht festgelegt werden können, beruht in der notwendigen Unschärfe dieser Grenze (vgl. 34 S. 38). Jedoch auch die in der Tabelle angeführten Werte für die obere t-Grenze weisen erhebliche Unterschiede auf, obwohl die Obergrenze, die ja dem Austritte am nächsten zu liegen pflegt und daher im Wasserkörper selbst geringeren t-Schwankungen ausgesetzt ist, verhältnismäßig genau festlegbar sein sollte. Hier entstehen jedoch einige allgemeine und besondere, auf unsere Art beschränkte Schwierigkeiten:

1. Bei einer oberhalb des gesuchten Grenzwertes liegenden tW pflegen die Lager den Wasserkörper zu verlassen, sich in der Uferlinie zu erheben und landwärts ± spitz auszukeilen. In diesen Lagern ist eine einigermaßen genaue t-Bestimmung mit gewöhnlichen Quecksilberthermometern zumeist unmöglich (vergl. 4 S. 680 und 31 S. 132 und S. 299).

2. Da die untergetauchten Häute in der Nähe der Obergrenze häufig sehr zart und dünn den Grund überziehen, kann eine genaue Bestimmung auch hier unmöglich werden, wenn das Quecksilbergefäß zu groß ist. Die Grenze selbst ist dabei gut erkennbar und scharf, jedenfalls nie so verwischt wie etwa bei Beschlägen von *Cyanidium.*

3. Wenn im Gebiet der Obergrenze teilweise abgestorbene Lager gefunden werden, bleibt eine t-Bestimmung fragwürdig, solange der t-Gang an diesem Orte im vorangegangenen Zeitabschnitte unbekannt ist (4, S. 683 und 31, S. 305).

4. An manchen Standorten (31, S. 302, 32, S. 122 und 33, S. 157) verändern sich Lager- und Tr-Farbe im Bereich der Obergrenze stark. Das Lager wird blaßgrün oder graugrün (Reykjanes) oder hell-bräunlich, orange bis fast ziegelrot (Puyehue) und die Tr werden bleich- bis gelblichgrün, sodaß nicht klar zu entscheiden ist, ob es sich um eine bedingungsgemäße Formbildung, um geschädigte oder schon um tote Bestände handelt.

Selbst bei Berücksichtigung dieser Einschränkungen ergibt sich eindeutig aus zahlreichen Beobachtungen, daß die obere Grenz-t sowohl an einem Standorte zeitlichen Schwankungen unterworfen ist, wie auch von Gewässer zu Gewässer verschieden hoch liegt. Offenbar haben also die oben (S. 16) besonders unter 3. bis 5. aufgeführten Bedingungen einen mitbestimmenden Einfluß auf die obere Grenz-t. (Da beide Grenz-t jeweils von einer Reihe anderer Umstände mitbestimmt werden, wurde bereits (34, S. 39) vorgeschlagen, unter Einbeziehung dieser mitwirkenden Umstände besser und allgemein von thermalen Ober- und Untergrenzen zu sprechen). Auf das Vorkommen „physiologischer Rassen" deutet der allein in Puyehue beobachtete Farbumschlag (in Richtung nach Rot) der Lager hin. Die auffallenden Unterschiede zwischen Sudur-Reykir (58.0°) und Reykjanes-Isafjördur (mindestens 60.2°) erscheinen am leichtesten durch Mitwirkung chemischer Faktoren bei der Grenz-t-Bestimmung erklärbar. Auch ein Vergleich der höchsten Werte der Grenz-t mit den in Tab. 1 angeführten zugehörigen Alk-Werten deutet solche Zusammenhänge an. Die im Einzelnen, wie gesagt, noch nicht genügend gesicherten Höchstwerte der Grenz-t sind danach folgendermaßen den entsprechenden Alk-Werten zuzuordnen:

Alk-Einfluß

Standort-t:	57°.	Alk:	5.08
"	> 61°	"	1.50
"	61°	"	1.34
"	63°	"	0.45

Eindeutige Lichteinflüsse auf die Grenz-t liegen in Puyehue vor, wo in der gleichen Quelle (Fr-Gruppe) im Sommer (Nov. 35 und April 36) die Grenz-t in blaugrünen bis fast ziegelroten Beständen 58°-59°, im Winter (Juni-Aug. 40) dagegen in ausschließlich blaugrünen Beständen 56°-57° beträgt. Auch in Sudur-Reykir wurden gleichsinnige Verschiebungen beobachtet. Messungen liegen dazu nicht vor, weil damals nur die allgemeine winterliche Einengung des thermalen Lebensraums infolge Lichtschwund verfolgt wurde. Daß im dunklen Urwaldschatten der Austrittsraum der Thermen von Puyuhuapi, die tA von 58° aufwiesen, nicht erreicht wird, während die Uferlinien von kräftigen Mischlagern besiedelt sind, dürfte gleichfalls auf Lichtverhältnisse zurückzuführen sein, zumal die Abflüsse mit sinkender tW zunehmend

üppige Bestände aufweisen. Es ist vielleicht auch nicht ausgeschlossen, daß Löwensteins experimentelle Bestimmung einer Grenz-t von 52° durch Lichtverhältnisse beeinflußt sein könnte.

Bei den in Tab. 1 in Klammern gesetzten Grenzwerten handelt es sich in Island (Reykjanes-Isafj.) um großenteils ausgeblichene, kleine, stark schleimige Lager im Felsthermen-Abfluß, in Chile (Puyehue) um bleich rötlich-gelbe, weichgallertige Lagerteile und in Japan (Kamisuwa) um dunkel blaugrüne zottige Bestände unmittelbar an einer mit tA 69.9° entspringenden Quelle in kräftigem Spritzwasser. Am letztgenannten Standorte war also eine genaue Messung unmöglich. An allen diesen Standorten mit höchster aber unsicherer Grenz-t lagen Reinbestände vor.

Zusammenfassend ergibt sich: die obere Grenz-t ist nicht scharf festlegbar, da sie von Standortbedingungen beeinflußt wird. Außerdem muß mit verschieden widerstandsfähigen „physiologischen Rassen" gerechnet werden. Sicher erreicht *Hap. lam.* an manchen Standorten 60.0°. Höher liegende Werte sind nicht zweifelsfrei und deshalb besser zu prüfen.

pH-Grenzen

Die pH-Werte der Tab. 1 lassen erkennen, daß das Schwergewicht der Art klar auf der alkalischen Seite liegt. Nach den niedrigen Alk-Werten von Reykjanes ist jedoch zu vermuten, daß auch noch pH-Werte unter 6.7 ertragen werden können. Andererseits zeigt die Art bei pH 9.3 (Alk 1.4) bestes Gedeihen, sodaß wahrscheinlich auch die angegebene obere pH-Grenze noch überschritten werden kann. Hohe Alk scheint dagegen nicht zuträglich zu sein. Die wohl der diesbezüglichen Obergrenze nahekommenden Lager aus Sumatra waren offenbar nicht sehr kräftig entwickelt (4 S. 356), wie überhaupt bei der Behandlung des Sumatra-Materials sonst so typische und üppige Reinbestände nicht erwähnt werden. Alle Austritte, die in der Gezeitenzone des Meeres liegen und untersucht wurden (Reykjanes-Isafj. und Llancahue/Chile), erwiesen sich als völlig frei von *Hap. lam.*, obwohl alle sonstigen Bedingungen durchaus geeignet erschienen. Vielleicht ist für dieses Fehlen die hohe Alk des Meerwassers mitverantwortlich. Daß Gesamtkonzentration und Konzentrationsschwankungen an sich nicht entscheidend sein können, beweist das üppige Gedeihen der Art in thermalen Uferzonen, die gerade in dieser Hinsicht Extremwerte aufweisen können.

Bezüglich der Lichtverhältnisse — vom tiefen Urwaldschatten bis zu vollkommen offenen Plätzen in subtropischen und subarktischen Breiten — ist *Hap. lam.* ebenso wenig wählerisch wie hinsichtlich der Strömungsverhältnisse. Allerdings üben diese beiden „Faktoren" auf Lagerfarbe und -bau mancherlei Einflüsse aus, über die noch zu

berichten sein wird.

Wärmeansprüche

Die Art verfügt also über eine in verschiedener Hinsicht erhebliche ökologische Spannweite. Die Thermalgebundenheit scheint nur in den Wärmeansprüchen gegeben zu sein, jedenfalls bei einer ersten oberflächlichen Übersicht. Die Wärmeansprüche lassen sich folgendermaßen umreißen: Unter tW 30° kommt die Art nur ausnahmsweise und meist als eingeschwemmtes Einsprengsel in anderen Lagern vor, was seine Bestätigung darin findet, daß Quellwässer, deren tA unter 40°-45° liegt, gemieden werden. Da aber anderseits unter tW 40° und vor allem in gelegentlich stark auskühlenden Uferzonen noch gutes Wachstum festzustellen ist, müssen andere, wahrscheinlich chemische Bedingungen, die nur in Thermen mit tA über 40° in hinreichendem Maße auftreten, für das Gedeihen der Art notwendig sein. Aus den bisherigen Beobachtungen ergibt sich — mit einigen Ausnahmen — die Regel, daß bei gleicher tS die Art umso besser gedeiht, je höher die tA der betreffenden Quelle liegt, (obwohl mit der Entfernung vom Austritte die tW-Schwankungen zu steigen pflegen). Da wahrscheinlich auch die jeder thermalen Schüttung notwendig eigentümlichen chemischen Unausgeglichenheiten mit steigender tA an Umfang zunehmen, liegt der Schluß, daß diese für *Hap. lam.* lebensnotwendig sind, zum wenigsten nahe. Bei der Prüfung obiger allgemeiner Regel sind besonders auch die austrittsnahen Uferstreifen zu beachten.

Die günstigsten tS für untergetauchte Verbände liegen etwa bei 50°-55°, also der Obergrenze sehr viel näher als der Untergrenze. Unmittelbar unterhalb der thermalen Obergrenze besteht ein schmaler, ± klar ausgeprägter t-Bereich, innerhalb dessen die Alge in eine Art „Wärmestarre" verfällt (32, S. 122). Wachstum wird eingestellt, Lager beginnen — manchmal mit Farbverschiebung nach Rot hin — größtenteils auszubleichen, können aber, in niedrigere t-Bereiche gebracht, wieder ergrünen. Derartige Farbwechsel lassen ebenso wie Lichteinflüsse auf die Grenz-t vermuten, daß der Wärmetod nicht infolge unmittelbarer Plasmaschädigung sondern infolge Stoffwechselstörungen, vielleicht als eine Art Hungertod eintritt.

formende Einflüsse

Zu den wenigstens in mancher Hinsicht formenden Wirkungen des Wärmegrades kommen die des Lichtes, dessen Stärke die Lager- und Trichomfarbe in gewissen Grenzen zu verändern vermag. Verglichen mit manchen *Phormidien* ändert *Hap. lam.* seine unter einigermaßen günstigen Daseinsbedingungen sehr beständige und gleichmäßige Farbe im allgemeinen nur sehr wenig. Lager und Tr pflegen eine charakteristische leuchtend blaugrüne Tönung zu zeigen, die an Unterwasserbeständen gewöhnlich etwas heller und reiner erscheint als in Uferlinien

und kapillar versorgten Flächen. Bei bester Belichtung und dünner Wasserbedeckung erscheint die Lageroberfläche in Puyehue und Rupanco ± olivgrün. Diese Färbung wurde bisher an anderen Standorten nicht gefunden, was wiederum auf das Vorkommen „physiologischer Rassen" hindeutet. Ein gemeinsames ökologisches Kennzeichen der meisten Thermen Südchiles besteht übrigens darin, daß diese ursprünglich in sehr lichtarmen Urwäldern lagen.

Bei Verringerung des Lichtgenusses, also an stark schattigen Standorten und in tieferen aber gut durchströmten Lagerschichten werden nach völlig übereinstimmenden Befunden in Island, Chile und Japan Lager- und Tr-Farbe häufig nach Blau hin verschoben. Mit Ausnahme der eingesprengten und wohl physiologisch anders arbeitenden *Chroococcen*-Formen unterbleibt diese sehr auffällige Farbverschiebung in tieferen Schichten dichter, d. h. hier schlecht ernährter Lagerteile. Diese pflegen vielmehr abzubleichen.

Ein stark durch Raumbedingungen wandelbares und vielfältiges Bild bietet der Lagerbau. Erstbesiedlungen auf festen Unterlagen wie Stein, Holz, Glas usw. unter Wasser bestehen gewöhnlich aus einzelnen, unzusammenhängenden und meist kurzen I-Fäden, die sich rasch zu kleinen Kolonien und damit zu mit bloßem Auge sichtbaren Beschlägen entwickeln können. Diese ersten Stufen der Lagerentwicklung sind in der Natur selten anzutreffen, da sie bald zu ± häutigen Zusammenschlüssen führen. Im Versuch sind sie dagegen leicht durch Einsetzen geeigneter Unterlagen in das Gewässer zu gewinnen. Außerhalb des Wassers kommen Beschläge, die ja gewöhnlich nur als eine erste, vorübergehende Entwicklungsstufe zu werten sind, nicht vor, da die Art offenbar gegen stärkere Austrocknung empfindlich ist. Daher treten außerhalb des Wasserkörpers nur kapillar versorgte, häutige Lager, die mehrere Millimeter dick werden können und immer aus der Uferlinie heraus landwärts vorgeschoben werden, auf. Die Wasserversorgung kann an solchen Standorten teilweise, niemals vollkommen, durch Dampfniederschlag gestellt werden. Daß die Art nicht nur gegen Verringerungen sondern auch gegen Erhöhungen der Gesamtkonzentration ziemlich widerstandsfähig sein muß, beweisen häufig auftretende pergamentartige Sinterüberzüge auf dünnen *Hap. lam.*-Häuten, die anscheinend dadurch in keiner Weise geschädigt werden.

Raumwandlung

Wo sich die tW des angrenzenden Wasserkörpers der oberen t-Grenze der Art nähert oder diese überschreitet, können am Ufer, oft den Spiegel überragende, wulstige Lagerverdickungen mit lockerem inneren Bau ohne deutliche Schichtung entstehen (Abb. 1). Solche Lagerformen sind verhältnismäßig häufig und führen zu örtlichen Veränderungen der ursprünglichen Standortverhältnisse. Dabei können

vermutlich folgende Umstände dem Gedeihen der Alge förderlich sein:

a) Durch Abkühlung wird eine optimale tS erreicht.

b) Ausgleichströmungen und aus quellnaher Abkühlung entstehende Zustände des Wassers (Unausgeglichenheiten) verbessern die Stoffwechselbedingungen.

c) Bei Übersteigen des Wasserspiegels kann erhöhte Verdunstung konzentrationssteigernd wirken.

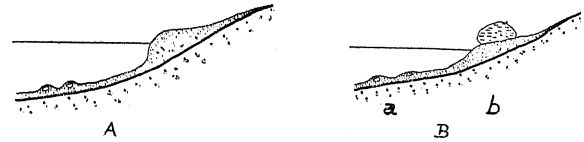


Abb. 1: ***Hap. lam.***-Lager am Ufer im oberen Grenzbereich (Puyehue, Fr.) —
A. typische Uferlinienverdickung, eingelagerte Gasblasen;
B. auf dem kapillar versorgten ***Hap. lam.***-Lager (a) sitzt ein wulstförmiges Lager von ***Phorm. purpurascens*** fa. (b.).

Solche über den Spiegel gehobene Lagerverdickungen können zur Besiedlungsunterlage für andere Arten werden. So treten in Puyehue (Fr-Gruppe) auf diesen Flächen einige Zentimeter oberhalb des Spiegels 1-3 cm breite und über 10 cm lange, blaß gelbbraune Lager von *Phorm. purpurascens* fa. *flava* auf, die eine zäh-fleischige Beschaffenheit haben. Die tW im freien Wasser betrug hier 52°-57°. Die Unterschiede, die beide Arten bereits in der äußeren Lagergestalt klar zeigen, lassen Unterschiede in ihren ökologischen Anforderungen vermuten (Abb. 1). Weitere Untersuchungen ergaben tatsächlich, daß die Grenz-t für *Phorm. purp.* niedriger liegt und daß seine Lager gegen Austrocknung noch empfindlicher sind als die von *Hap. lam.*, wobei die Konzentrationssteigerung mitsprechen kann. Jedenfalls bildet das *Phormidium* an keiner Stelle unter aerophytischen Bedingungen spitz auskeilende häutige Lager, die vielmehr nur im Wasser selbst vorkommen. Es zeigt sich hier, daß *Hap. lam.* durch Überschreiten der Uferlinie und des Wasserspiegels sowohl den eigenen Lebensraum aktiv zu erweitern vermag als auch — andersartige — Daseinsvoraussetzungen für andere Arten schaffen kann. Solche aktiven Lebensraumerweiterungen und -umgestaltungen kommen in thermalen Verhältnissen nicht selten vor.

Lagerformen

Die Lagerbildungen im Wasser selbst sind erheblich mannigfaltiger als die in den besprochenen Grenzbezirken. Vorzüglich in Austrittsnähe

entstehen bei mäßiger bis starker Strömung durch teilweises seitliches Verkleben der reichlich entwickelten II-Fäden zottige bis lappige flutende Verbände. Die Zotten setzen auf der Oberfläche ± deutlich geschichteter, weicher und oft über 1 cm dicker Häute an, die gleichfalls überwiegend aus II-Fäden bestehen, und werden bis 1.5 cm lang. In größeren, austrittsnahen Stillwasserkörpern mit tW um 50°-55° finden sich, oft gleichfalls fast ausschließlich aus II-Fäden bestehende Schleierhäute. (In allen Lagern, die ausschließlich aus II-Fäden zu bestehen scheinen, können wenigstens einzelne I-Fäden mit Sicherheit als ursprüngliche Verankerungen am Grunde des Lagers gefunden werden). Die genannten Schleierhäute sind oft auf Flächen von mehr als 1 qdm völlig frei voneinander und können unter Mitwirkung eingefangener freier Assimilationsgase blasig aufgetrieben und bis zur Wasseroberfläche emporgeführt werden. In solchen Verbänden sind deshalb im Tag-Nacht-Rhythmus umfangreichste Formveränderungen und Bewegungen zu beobachten. Die kräftig gefärbten Schleierhäute sind meist so zart, daß durch sie hindurch — in Petrischale ausgebreitet — auch kleiner Zeitungsdruck leicht lesbar ist. Von ihnen eingeschlossene, kleinste Gasperlen veranlassen Fadenaufrollungen, die gelegentlich als Bestimmungsmerkmale für Hormogonale erwähnt werden. Als solche sind sie naturgemäß unbrauchbar, da sie ebenso bedingt in verschiedensten anderen Lagerformen von *Hap. lam.* wie auch bei mehreren *Phormidien* häufig auftreten. In thermalen Räumen ist diese Erscheinung besonders häufig, weil hier einerseits der Stoffwechsel gesteigert und andererseits wegen der erhöhten tW die Lösbarkeit der Gase vermindert ist. — Solche Schleierhäute können nun, ± eng und fest miteinander verwachsen und verklebt, häutige bis dick-fleischige und nur noch sehr unklar geschichtete Lager bilden, die sich, vor allem im Wasserkörper selbst und bei mäßiger bis geringer Strömung, durch sehr geringe innere Bindung auszeichnen. Sie zerfallen beim Schütteln in Wasser sofort in kleine Flocken. Den Standortbedingungen entsprechend ist die innere Bindung in den Lagern etwas größer, die reichlich I-Fäden enthalten.

Die Verschleimung der oft nicht sichtbaren Scheiden und wohl die Schleimerzeugung der Tr überhaupt scheint bei untergetauchten Lagern mit der tW zu steigen. Wie schon gesagt, überwiegen in üppig wachsenden Lagerformen im Wasserkörper häufig die II-Fäden, die oft in fast reinen oder ganz reinen Beständen und gelegentlich auch beinahe ohne Hz auftreten können. Solche Proben sind manchmal so einfömig, daß sie anfangs ohne Bedenken als *Phormidium* oder jedenfalls als *Oscillatoriacee* angesprochen werden können. Die Tr lassen jedoch keinerlei Bewegungen erkennen und unterscheiden sich von

Phormidium stets durch feine Unregelmäßigkeiten im Zellbau und in den Querwandeinschnürungen. Bezeichnenderweise ergeben sich solche Befunde wie ausgeprägter *Phormidium*-Charakter und Hz-Mangel gerade für bestentwickelte Lagerteile. Typische Wuchsformen mit reichlichem oder gar überwiegendem Vorkommen von I-Fäden sind unmittelbar auf Haftflächen und vor allem in Uferlinien und unter kapillaren Versorgungsverhältnissen stets zu treffen. Auch in Spritzwasser und in flachen Rinnsalen kommen solche typischen Bestände regelmäßig vor.

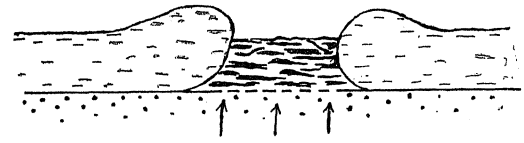


Abb. 2: In unregelmäßige Schollen zergliedertes ***Hap. lam.***-Lager auf Sickeraustritten. Die Umwallung wird von ***Phorm. purpurascens*** fa. gebildet (Puyehue, PJ.)

Hier ist noch eine in Puyehue (PJ-Gruppe) gefundene etwas abweichende Lagerform zu erwähnen. Die an I-Fäden reichen Bestände erfüllen mehrere ungefähr kreisförmige und etwa 2 cm tiefe Becken von mehreren Zentimetern Durchmesser. Die Umwallung dieser Becken, an deren Grunde aus porösem, hartem Tonboden (Juli 40) Thermalwasser mit tA 48°-52° quillt, wird von einem ausgedehnten *Phormidium purpurascens*-Teppich (Abb.2) gebildet. Das dunkel blaugrüne bis fast schwarzgrüne *Hap. lam.*-Lager ist derb häutig bis weich knorpelig, unregelmäßig höckerig, bis 5 mm dick und so weich, daß es beim Herausheben mit der Pinzette zerfällt. Zahlreiche unregelmäßige Schollen mit den geschilderten Eigenschaften erfüllen zusammenhanglos und ohne erkennbare Ordnung, locker übereinander geschichtet und nebeneinander liegend vollständig und so, daß zwischen ihnen überall das Thermalwasser hindurchströmen kann, die kleinen Becken.

Die verschiedenen untergetauchten Lagerformen sind durch alle Übergänge miteinander verbunden. Aus beschlagartigen Einzelkolonien entwickelt sich zuerst eine I-fadenreiche Haut. Auf dieser können in Austrittsnähe und bei entsprechender Strömung oder im Spritzwasser vorwiegend aus II-Fäden bestehende Zotten ansetzen. In Stillwasser können sich nur oder hauptsächlich aus II-Fäden zusammengesetzte Schichten vielleicht unter Mitwirkung von freien Assimilationsgasen als zarte Schleierhäute abheben und in den Wasserkörper hineinwölben.

Durch Ablösung vom Grunde infolge Gasauftrieb können auf Stillwasser treibende, schleimig-schaumige Oberflächenlager entstehen, die ihrer Entstehung gemäß meist überwiegend aus II-Fäden bestehen. Die auf die Unterlage geschmiegte Haut kann sich ferner, vor allem in Ufernähe heißer Austritte, mit ± deutlicher innerer Schichtung zu weichfleischigen Lagern verdicken, die gelegentlich in unregelmäßige Schollen zerfallen. Landwärts schiebt sich vom Ufer her die kapillar versorgte Haut spitz auskeilend vor. Sie kann sich, besonders bei günstigen Dampfbedingungen und in Vertiefungen zwischen Sinterwarzen, über 20 cm vom Ufer entfernen und mehr als 10 cm über den Wasserspiegel erheben.

Allgemein läßt sich feststellen: je mannigfaltiger und wechselvoller verschiedene Lebensbedingungen — wie Wasserwechsel, Durchlüftung, t, Konzentration — auf kleinem Raume sind, umso mannigfaltigere Formen zeigen die dort gedeihenden Bestände. Umgekehrt sind die unter gleichförmigen Bedingungen im Wasserkörper locker aufgebauten häutigen oder flutenden Lagerteile am reinsten aus Hz-armen II-Fäden aufgebaut. Diese selbst bieten in klarer Beziehung zur Einförmigkeit der Raumbedingungen dort ein ± einförmiges *phormidien*ähnliches Bild in Zellformen und -größen und im Trichombau, während in typischen Beständen mit großer Formenmannigfaltigkeit auch die an sich gestalthärteren III-Tr deutlich größere Unterschiede in diesen Merkmalen aufweisen. Daraus ergibt sich, in wie hohem Maße die Raumbedingungen auch den Trichombau zu bestimmen vermögen.

Kultur

Leider ist es auf Grund von Freilandbeobachtungen bisher nicht möglich, die Voraussetzungen für die Bildung einzelner Faden- und Lagerformen genau zu ermitteln. Außerhalb des thermalen Lebensraums und unter Kulturbedingungen (Thermalwasser oder Nährlösungen in Petrischale) zeigt die Art einen sehr charakteristischen Stillstand des Wachstums, sodaß auch hier die fehlenden Aufschlüsse nicht gewonnen werden können. Die Alge hält sich in Kultur wochen- und monatelang frisch und lebendig. Bei einigermaßen sachgemäß angesetzten Kulturversuchen treten vor allem während dieser Zeit überhaupt keine Fäulniserscheinungen und auch keine Entfaltungen unerwünschter Begleiter ein. Nach Wochen beginnt ohne Nebenerscheinungen die ursprünglich lebhafte Färbung zu verblassen und fortschreitend einem schmutzigen Graugrün zu weichen. Die Einstellung des Wachstums ist von Anfang an so vollständig, daß jede Lagerform, wie sie entnommen wurde, während der ganzen Versuchszeit gewahrt bleibt. Auch nicht der mindeste Bewuchs stellt sich an den Glasflächen der Zuchtgefäße ein. Häufiger Wasserwechsel ändert an diesem Verhalten nichts. Die Einstellung des Wachstums wird also nicht durch die chemische Zusammensetzung

sondern vielleicht durch den chemischen Zustand, d. h. durch den Mangel quellnaher Unausgeglichenheiten bedingt. Kulturversuche mit völlig gleichen negativen Ergebnissen wurden in Island, Chile und Japan mehrfach durchgeführt.

Bisher wurde, soweit nicht anders bemerkt, ausschließlich von Reinbeständen der Art berichtet, die infolge der hohen Lage der Best-t und Grenz-t verhältnismäßig häufig sind. Einen Überblick über die wichtigsten Begleiter in Mischbeständen bietet nun auf Grund der Mitteilungen Ruttners und Geitlers (4) und eigener Beobachtungen die folgende Tab. 2. (Über Fund- und Austrittszahlen vergleiche das S. 20 Mitgeteilte.) Einzelne Zellen und Fäden, die eingeschleppt sein könnten, wurden in den Fundzahlen nicht berücksichtigt. Die in Klammern gesetzten *Microcystis*-Funde erscheinen zweifelhaft, nachdem an japanischem Material festgestellt wurde, daß *Hap. lam.* auch kleinste *Chroococcen*formen bilden kann. Begleiter

Im ganzen zeigen die in Tab. 2 zusammengestellten Ergebnisse aus verschiedenen Gebieten beachtliche Übereinstimmungen untereinander. Vor allem fallen die engen ökologischen Beziehungen unserer Art zu den *Oscillatoriaceen* und insbesondere zur Gattung *Phormidium* in die Augen. Damit erscheint auch die *Phormidien*-Ähnlichkeit bestgedeihender, Hz-loser II-Fäden in neuem Lichte. Auf die engen Beziehungen der *Oscillatoriaceen* zum thermalen Lebensraume wird bereits von Geitler und Ruttner hingewiesen (4, S. 679); daß die Wuchsformen unserer Art offenbar ökologisch bedingt sind, wurde oben gezeigt.

Bei Überwiegen des *Hap. lam.*-Anteils pflegt in Mischlagern der Begleiter in Einzelfäden oder dünnen Strängen den Hauptbestand zu durchziehen. Dahingegen bildet *Hap. lam.* als Begleiter in anderen Lagern gewöhnlich ausgesprochene Nester. Über Wechselbeziehungen der Art zu anderen in Mischbeständen oder angrenzenden Lagern (vgl. S. 25) ist noch sehr wenig bekannt.

Einen Überblick über die äußerst mannigfaltigen Faden- und Zellformen (Abb. 3 und 4) bringt Tab. 3. Alle bisher und im folgenden mitgeteilten Befunde über Lager, Zell- und Fadenbau sind auf Beobachtungen am natürlichen Standorte und an lebendem frischem Material begründet. Eine einwandfreie, scharfe Trennung von Haupt- und Nebenfäden ist naturgemäß nicht immer durchführbar, jedoch sind zweifelhafte Formen verhältnismäßig nicht häufig. Auch I-Fäden und *Chroococcen*formen sind gelegentlich durch Zwischenstufen miteinander verbunden. — Ergänzend zu Tab. 3 sind einige Mitteilungen über die verschiedenen Zelltypen anzufügen.

Heterozysten, die in II-Fäden ganz fehlen können, sind besonders Hz

Land:	Island	Chile	Japan	Sumatra	
Anzahl der Austritte:	ca 15	ca 20	1	3	
Anzahl der Proben:	ca 40	ca 80	2	9	
Chroococcaceae					
Microcystis parasitica	—	(1)	—	—	
„ *enteromorpha*	—	(1)		—	
„ sp.	—	(2)	—	—	
Aphanothece saxicola	—	2	—	—	
„ sp.	—	—	1	—	
Chroococcus minutus	—	3	—	—	
Gloeothece palea fa.	—	—	—	1	
	—	5 (9)	1	1	7 (11)
Capsosiraceae					
Onkonema compactum	—	—	—	2	
Stigonemataceae und *Rivulariaceae*					
Stigonema sp.	1	—	—	—	
Calothrix thermalis	—	—	—	2	
„ sp.	—	1	—	1	
	1	1	—	3	5
Scytonemataceae					
Scytonema coactile therm.	—	—	—	3	
Oscillatoriaceae					
Oscillatoria tenuis	1	—	—	—	
„ *probosc. westii*	2	—	—	—	
„ *terebriformis*	—	4	—	—	
Phormidium angustissimum	2	2	1	—	
„ *favosum*	—	—	—	1	
„ *luridium*	—	—	—	1	
„ *laminosum*	9	3	1	1	
„ *purpurascens*	—	9	—	—	
„ *fovolarum*	—	2	—	—	
„ *valderiae*	1	3	—	—	
„ *cebennense therm.*	—	—	—	1	
„ *tenue*	—	—	—	7	
„ *corium*	1	3	—	1	
„ *uncinatum*	—	—	—	1	
„ sp.	2	2	1	—	
Lyngbya lutea	—	—	—	1	
„ *putealis*	—	—	—	1	
„ *martensiana*	5	—	—	1	
„ sp.	—	1	—	—	
	23	29	3	16	41

Tabelle 2: Fundzahlen der begleitenden Arten in *Hap. lam.*-Mischlagern

	I-Fäden:	II-Fäden:	Chroococcenform:
Zellform:	± kugelige Grundform, vielgestaltig	± zylindrische Grundform, weniger veränderlich	kugelige Grundform, oft gegenseitig abplattend
Querwände:	stets deutlich, stark	oft nicht erkennbar, meist deutlich	sofern vorhanden deutlich
Zellbreite:	(3μ–) 5μ–9μ	(1.8μ–) 2.5μ–6.1μ meist ungefähr 4μ	(<1μ–) 2.5μ–6μ
Zellänge:	(1/2–) 1–2mal so lang wie breit	(1/2–) 1–4mal so lang wie breit	stets ± kugelig
Ectoplasma:	meist wenig unterschieden, kaum granuliert	deutlich durch tiefere Färbung, meist mit Körnchen	bei größeren Zelldurchm. meist wie I-Tr, bei kleinerem Zelldurchm. Inhalt gewöhnlich ± homogen und mit abnehmendem ϕ zunehmend blasser, während große Zellen meist auffällig blaustichig gefärbt sind
Endoplasma:	meist dicht gelagerte Körnchen	weniger granuliert als I-Tr.	
Verzweigungen:	meist häufig, allseitig oder einseitig	sehr selten, nur bei Übergangsformen zu I-Fäden	—
Scheinverzweigungen:	nicht selten	gewöhnlich nur vereinzelt, stets *tolypothrix*-artig	—
Heterozysten:	stets vorhanden, vielgestaltig	nicht häufig, oft fehlend, meist ± lang zylindrisch	oft nicht vorhanden, gewöhnlich nur in dichten Zellhaufen
Dauerzellen:	selten	fehlen	gelegentlich zweifelhafte Übergangsformen
Hormogonien:	meist kurz, wenigzellig	meist lang, vielzellig	—
Scheiden:	meist deutlich, farblos, selten gelblich	meist verschleimend, zart	gelegentlich dünne Schleimhüllen, ungeschichtet, farblos
Vorkommen:	wechselvolle oder auf kleinstem Raum verschiedene Bedingungen; Grenzflächen, Spritzwasser, Uferzone, Mischlager	unter gleichförm. Bedingungen freien Wassers, in Schleierhäuten und flutenden Zotten oft reine Bestände von II-Fäden	im Innern u. am Grunde dicker Lager, besonders im Bereiche der Grenz-t, auch als Einsprengsel in Mischlagern

Tabelle 3: Zur Morphologie.

vielgestaltig, langzylindrisch bis fast kugelig und öfter etwas breiter, selten schmaler als das Tr, 3.8 μ-9 μ breit und 1- bis 2mal so lang (bis 10 μ) wie breit. Offenbar treten auch standortabhängige Formverschiedenheiten auf. So waren die Hz in der oben behandelten abweichenden Lagerform (S. 27 PJ-Gruppe, Puyehue) auffallend breit. Sowohl die Hz- wie die D-Membranen werden von Chlorzinkjod ± deutlich gebläut. Die Hz werden einzeln, ganz selten zu zweien, gewöhnlich interkalar, ausnahmsweise terminal und nur in I-Fäden und sehr selten lateral angelegt.

D Dauerzellen wurden nur in Puyehue gefunden, wo das umfangreichste Material untersucht wurde. Sie treten besonders im oberen t-Grenzbereich und am Grunde dicker Lagerschichten auf. An solchen Plätzen ist das Wachstum der Tr offenbar behemmt. D werden in ± ellipsoiden Formen einzeln oder häufiger in Reihen zu mehreren und nur in I-Fäden angelegt und sind 3 μ-7 μ breit und 5 μ-12μ lang. Die Außenmembran ist farblos und glatt. Borzi berichtet dagegen über D mit blaß braunen Außenmembranen. Nach Zerfall der Scheiden nehmen die ± ausgeprägte Kugelgestalt mit 8.5 μ-8 μ Ø an. Im allgemeinen ist der Zellinhalt kräftig gefärbt (blaugrün) und granuliert, blassere und mehr homogene Formen sind selten. Bemerkenswert sind Übergangsformen einerseits zu Hz und andererseits zu *Chroococcen*formen.

Ho Als Hormogonien werden vor allem von II-Fäden oft lange und vielzellige Tr-Enden abgestoßen, die zum großen Teile im Lager haften bleiben und dort mit allen Merkmalen des Nebenfadens weiterwachsen,

Chroococcen-form Chroococcenformen, die in Puyehue und Kamisuwa genauer untersucht, aber auch an fast allen anderen Standorten der Art in Island und Chile gefunden wurden, ergänzen das vielgestaltige Bild dieser Thermalalge. Solche Formen werden nach den bisherigen Beobachtungen nur unter bestimmten Raumbedingungen in größerer Menge gebildet:

1. Am Grunde thermaler Abflüsse nahe der thermalen Obergrenze unter Schichten abbleichender oder verfärbter Lager. Hier fällt die tief blaugrüne Färbung dieser Formen besonders auf.

2. In tieferen Schichten üppiger, ± fleischiger Lager, deren Oberschichten unter besten Lebensbedingungen stehen können. Auch hier sind ausgebleichte Fäden und leere Scheiden häufig.

3. In Mischwässern und Abflüssen, in denen wegen niedriger tW *Hap. lam.* bereits merklich von anderen Arten zurückgedrängt wird.

4. Unter dichten *Phormidien*lagern, die ursprünglich — gewöhnlich infolge jahreszeitlicher Arealverschiebungen — auf *Hap. lam.*-Lagern entwickelt wurden, oft als die einzigen lebenden Reste ehemals ausgedehnter Vorkommen.

Am seltensten sind *Chroococcen*formen in bestentwickelten Beständen von II-Fäden und zumeist auch in kapillar versorgten Uferstreifen, also offenbar unter günstigen Ernährungsbedingungen. — Die deutlichen Beziehungen zwischen Wuchsform und Raumbedingungen sind schematisch etwa so zu fassen:

thermale Obergrenze:	**Chrooc.**-Formen in geschädigten Beständen gemein
angrenzender Bereich:	typische Bestände, überwiegend I-Fäden
Bereich der Bestentwicklung:	überwiegend bis rein aus II-Fäden bestehende Bestände
angrenzender Bereich:	typische Bestände
thermale Untergrenze:	**Chrooc.**-Formen gemein in Nestern typischer Bestände.

Hier deuten sich in den Formmöglichkeiten einer Art vielleicht Gesetzmäßigkeiten von allgemeinerer Gültigkeit innerhalb der Blaualgen an. Diese Gestalt-Raumbeziehungen sind, mit allen notwendigen Vorbehalten und Einschränkungen, ganz grob etwa folgendermaßen zu umreißen: Der *Chroococcus*-Typ, dem mit der Kugelform die verhältnismäßig kleinste Oberfläche gegeben ist, weist die höchsten Widerstandskräfte gegen Umweltwirkungen auf (vergl. *Cyanidium caldarium* und *Chroococcaceae* als Aerophyten). Der vielgestaltige *Hapalosiphon*- oder *Stigonema*-Typ, größtenteils durch Scheiden geschützt, stellt eine „Grenzform" mit äußerst geringer Gestalthärte dar. Jede Zelle eines I-Fadens, der ja auf eine Grenzfläche aufgeheftet und aus verschiedenen Raumrichtungen jeweils verschiedenen Wirkungen ausgesetzt ist, kann sich offenbar den ± scharf auf sie beschränkten, örtlichen Bedingungen gemäß weiterformen, sich in gewissen Grenzen strecken oder verbreitern, sich quer- oder längsteilen und Bildung von II-Fäden ansetzen. Das II-Tr stößt in einen Raum vor, der durch viel größere Gleichförmigkeit ausgezeichnet ist. Ihm ist der scheidenlose *Oscillatoria*-Typ zugeordnet, dessen einzelne Zellen bei verhältnismäßig konstanten Maßen und Formen nur sehr gleichförmige Gestaltungsmöglichkeiten besitzen und keine Längsteilung kennen. Ökologische Untersuchungen über die aus diesen Grundtypen abzuleitenden Verbandsformen, über die später Näheres mitgeteilt werden soll, bestätigen die umrissenen morphologisch-ökologischen Beziehungen jedenfalls grundsätzlich. — Nach dieser Abschweifung wenden wir uns wieder unserer Art selbst zu.

*Chroococcen*formen können anscheinend sowohl aus D wie aus I-Ho, wenn diese irgendwie an der Ausbildung normaler Fäden verhindert werden, hervorgehen. Da sie offenbar nie in gut entwickelten Lageroberflächen und besonders häufig unter ungünstigen Wachstumsbedingungen gebildet werden, ist zu vermuten, daß ihre Entstehung

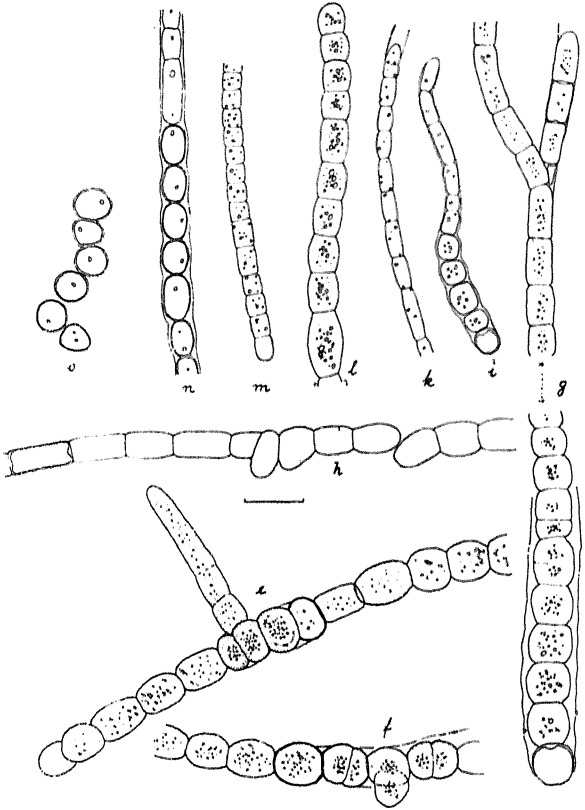


Abb. 3: *Hap. lam.* (Puyehue). Zellen- und Trichomformen, Verzweigungen und Scheinverzweigungen. — a) ziemlich typische „V-Verzweigung"; b) bis f) typische *Hapalosiphon*-Verzweigungen; g) bis h) Scheinverzweigungen an II-Fäden; g) und i) allmähliche Übergänge von I- in II-Tr, letzteres ein auswachsendes IIo; k) bis m) und die Zweige bei c) bis e) sind typische II-Tr; n) D im Faden; o) freie D; p) sich teilende D oder einfachste *Chroococcen*formen; q) *Chroococcen*kolonie mit Hfx; r) desgl. ohne Hfx; s) bis t) Übergangsformen zwischen chroococcalem und hormogonalem Wuchs; u) Verzweigungen, Scheinverzweigungen, Verjüngungen und Zellängsteilungen bei morphologisch etwas abweichendem Material (PJ; aus dem in Abb. 2 behandelten Lager).

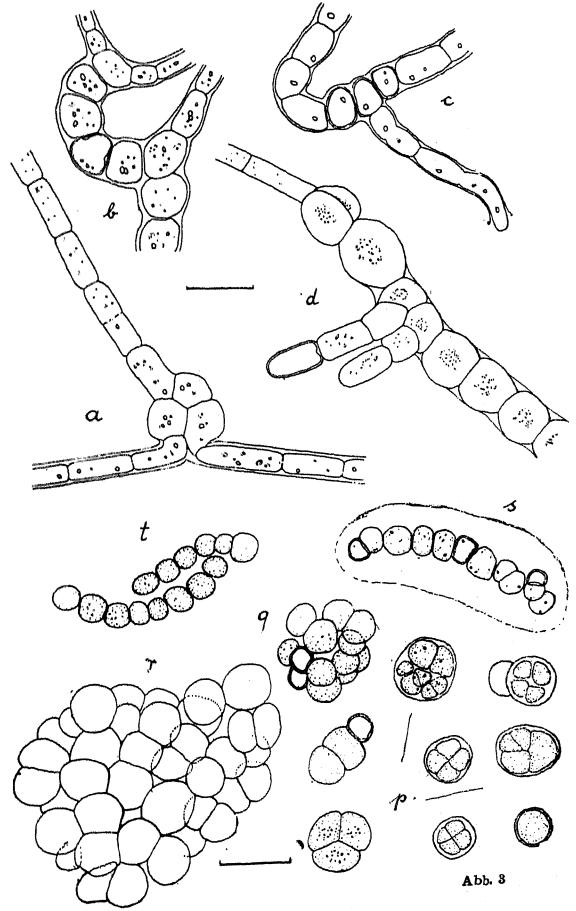


Abb. 3

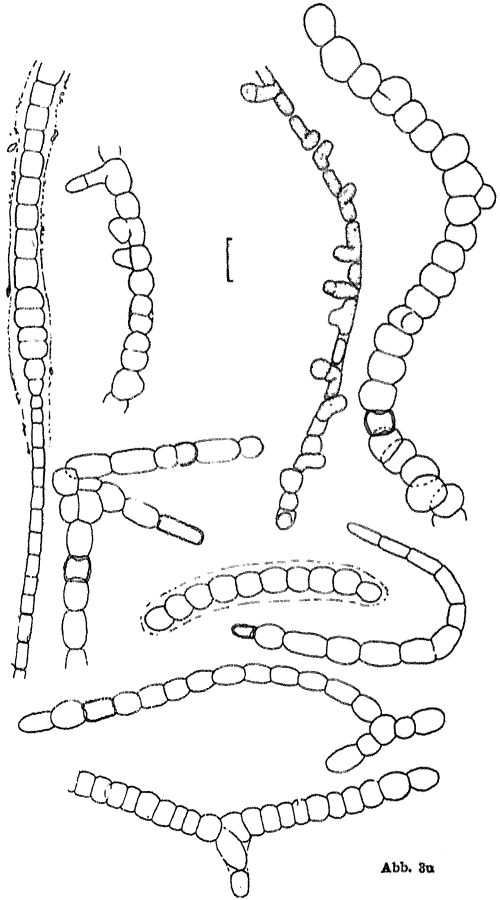


Abb. 3a

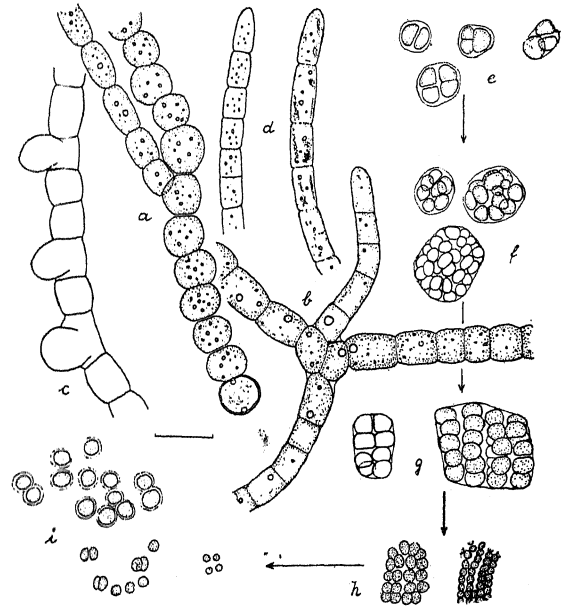


Abb. 4: ***Hap. lam.*** (Kamisuwa); a) bis c) Verzweigungen und Ansätze zu Verzweigungen; d) typische II-Tr; e) bis i) verschiedene ***Chroococcen*** formen.

durch bestimmte Entwicklungshemmungen ausgelöst wird. Tatsächlich können sich *Chroococcen*kolonien über Stauchungserscheinungen in tieferen Lagerschichten aus I-Ho bilden. Aus dem Vorkommen dieser Wuchsform unter Grenzbedingungen der Art und aus ihrem Farbverhalten (S. 25) ist zu schließen, daß es sich nicht nur um eine morphologische sondern auch um eine physiologische Abwandlung handelt. Die Formenmannigfaltigkeit der *Chroococcen*bildungen ist kaum geringer als die der hormogonalen Wuchsform. Die ursprünglich kugeligen Zellen von 2.5μ – 6μ Ø (Puyehue) oder < 1.3μ – 5μ (– 6μ) Ø (Kamisuwa) können entweder einzeln oder in unregelmäßig gestalteten Zellklumpen von 10μ – 100μ Ø (Puyehue und Kamisuwa) oder in 10μ – 200μ großen, meist ellipsoiden bis tonnenförmigen Kolonien von maiskolbenähnlichem Aussehen (Kamisuwa) auftreten. In beiden Ballungsformen wechselt der Grad der gegenseitigen Zellabplattung stark. Die Dichte beträgt fast stets 0 und übersteigt den Wert 1 jedenfalls nie. Während in den unregelmäßig gestalteten, meist ± kugeligen Zellklumpen, vor allem in Puyehue, Hz nicht selten vorkommen, werden diese in den maiskolbenähnlichen Paketen nie getroffen. Bei diesen werden durch regelmäßig fortgesetzte Teilungen nach allen drei Raumrichtungen ohne gleichzeitiges entsprechend starkes Wachstum regelmäßig geordnete Kolonien von Zellen, deren Durchmesser schließlich unter 1μ liegt, erzeugt. Beachtenswert ist, daß bei diesen Bildungen die sonst gewöhnlich eng miteinander verbundenen Vorgänge des Wachstums und der Zellteilung fast völlig voneinander getrennt werden.

Die *Chroococcen*formen von Kamisuwa sind durchschnittlich weniger kräftig gefärbt als die von Puyehue. Bei Zellgrößen unter 2μ macht sich dazu noch ein mit abnehmender Größe rasch fortschreitender Farbverlust bemerkbar. Bei etwa 1μ Ø sind die „Zellen" praktisch farblos.

Aus den bisherigen Befunden ergeben sich folgende Möglichkeiten:

1. Das südchilenische und das japanische Material gehören verschiedenen „physiologischen Rassen" an.

2. Es bestehen Wesensverschiedenheiten zwischen den aus Einzelzellen (D?) und den aus Ho gebildeten *Chroococcen*kolonien. Letztere können Hz enthalten und gelegentlich Übergangsbilder zu Stauchungserscheinungen zeigen. Erstere scheinen stets Hz-frei zu sein. Eine klare Trennung ist noch nicht möglich.

3. Zerfall in Einzelzellen kann anscheinend bei beiden Kolonieformen in jedem Stadium erfolgen.

4. Einzelne D sind manchmal nicht einwandfrei von etwa gleich großen einzelnen *Chroococcen*zellen zu unterscheiden.

Aus allem ergibt sich, daß die Bildung von *Chroococcen*formen

keinesfalls als einfacher Zerfall von Tr in Einzelzellen zu verstehen ist. Die Klärung hier bestehender Fragen ist sowohl ökologisch und physiologisch wie auch zellmorphologisch von Interesse.

Über welche Zwischenstufen die Entwicklung typischer Trichome aus *Chroococcen*formen, insbesondere aus deren kleinsten Einheiten führt, ist nicht bekannt. Trichombau und Verzweigung unterliegen nachweisbar formenden Umwelteinflüssen. Auf Objektträgern, die als Besiedlungsflächen in den Wasserkörper eingesetzt wurden, und in Uferstreifen der Fr-Gruppe (Puyehue) konnte festgestellt werden, daß jeder *Hap. lam.*-Bewuchs mit meist sehr kurzen bescheideten Zellreihen vom I-Fadentyp beginnt. Auch II-Ho wandeln sich auf solchen Unterlagen in I-Fäden um. Diese ersten Zellen sind dann kugelig bis oval, rosenkranzähnlich aneinandergereiht oder wenigstens tonnenförmig mit tiefen Einschnürungen an den Querwänden. Eine schematische Erläuterung der Zweigbildung bietet Abb. 5. Die Pfeile bezeichnen die möglichen Wachstumsrichtungen, die Zeichen + und – unterscheiden die Räume günstigerer Lebensbedingungen von denen ungünstiger, wobei vor allem der Wasserwechsel bedeutsam sein dürfte. Die Entwicklung von nicht selten vorkommenden waagrechten Verzweigungen, also auf der Bewuchsfläche, kann hier vernachlässigt werden, da sie schnell zu einer Aufhebung des Fadens vom Grunde und damit zur Entstehung echter II-Fäden führt. Abb. 5 läßt unmittelbar erkennen, wie vollkommen der Verzweigungsvorgang den örtlich gegebenen Verhältnissen und Möglichkeiten entspricht. Ferner wird erkennbar, daß die sogenannte V-Verzweigung lediglich einen Sonderfall der echten *Hapalosiphon*verzweigung darstellt. Voraussetzung für diese etwas abweichende Verzweigungsform ist nur, daß die Bindung des Hauptfadens an den Untergrund wenigstens stellenweise etwas schwächer ist als der Wachstumsdruck der sich teilenden Zellen. Das scheint für unsere Art mit ihren häufig verschleimenden Scheiden gewöhnlich zuzutreffen. Der Wachstumsdruck, der nicht zureichen kann, um einen großen Teil des Fadens auf der Unterlage weiterzuschieben, vermag so wenigstens einige Zellen von dieser abzulösen und — ähnlich einer Tr-Stauchung bei bescheideten *Oscillatoriaceen* — emporzudrücken. Die damit an den höchsten Punkt der Auswölbung gelangende Zelle gerät infolge erhöhten Wasserwechsels unter günstigere Wachstumsverhältnisse, wodurch die Aufwölbung weiter vergrößert wird und der Zweigansatz gegeben ist.

Tr-Bau

Verzweigung

Dabei scheint — wie bei *Stigonemataceen* überhaupt — die Zellteilungsebene durch Druckverhältnisse mitbestimmt zu werden. Nach zahlreichen Beobachtungen werden Querwände bevorzugt dort angesetzt, wo die höchste Druckspannung auf der Zellwand liegt. In

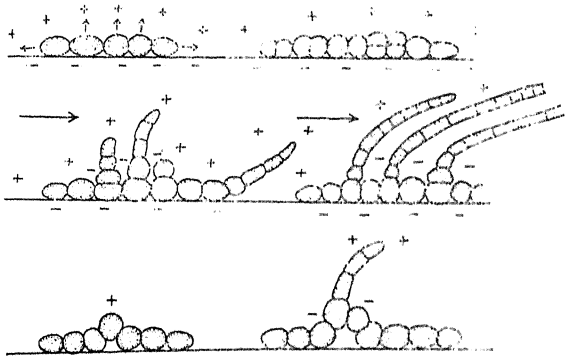


Abb. 5: Schema der *Hapalosiphon*-Verzweigung und Ableitung der „V-Verzweigung", (Erklärung im Text).

Zweigfäden mit zylindrischen Zellen scheint der Wachstumsdruck z. T. durch aktive Bewegung des Trichoms in seiner Wachstumsrichtung ausgeglichen zu werden. Darauf deuten vor allem nur durch Ho-Bewegungen erklärbare Tr-Lücken in den Scheiden und *tolypothrix*-artige Scheinverzweigungen hin. (S. 39).

Die Ableitung der Zweigbildung bestätigt also, daß es sich bei vorliegender Art um einen echten *Hapalosiphon* handelt. Jedenfalls gehört diese Art keinesfalls zu den *Nostocales*. Bei diesen vorkommende Verzweigungen (S. 45) sind selten und als Ausnahmeerscheinungen zu betrachten, während sie, und zwar grundsätzlich in *Hapalosiphon*prägung, in Beständen unserer Art, sofern nur I-Fäden vorkommen, regelmäßig und in großer Zahl auftreten.

Für die vorgetragene Auffassung über den Verzweigungsvorgang sprechen u. a. folgende Befunde:

1. In Uferstrichen mit schwacher Wasserversorgung und auf Flächen im starken Strome sind typische „V-Verzweigungen" besonders selten, weil hier die Befestigung des Fadens am Untergrunde stärker zu sein scheint.

2. Bei nicht auf feste Unterlagen gehefteten I-Fäden, die etwa in leicht zerfallenden, üppigen Lagern vorkommen und dann meist weiche, verschleimende Scheiden haben, sind die „V-Verweigungen" sehr viel

häufiger als typische *Hapalosiphon*verzweigungen. Sie setzen hier meist deutlich an den Gipfeln echter Stauchungwölbungen an.

3. In typischen Zweigfäden, die ja ± zylindrische Zellen mit festgelegter Richtung der Teilungsebene haben, kommen keinerlei Verzweigungen vor. Scheinverzweigungen sind nie *scytonema*- sondern stets *tolypothrix*artig.

4. Daß typische „V-Verzweigungen" bei anderen *Hapalosiphon*arten bisher nicht angetroffen wurden, dürfte jedenfalls zum Teil darauf zurückzuführen sein, daß die meisten von ihnen feste, nicht verschleimende Scheiden haben und außerdem außerhalb des Wassers vorkommen.

Ökologisch ist der *Hapalosiphon*charakter des Trichombaus etwa folgendermaßen zu deuten: Der Hauptfaden dient der Verankerung an einer Grenzfläche, die im Laufe der Zeit ± vollständig belegt wird. Mit dem Ansatz von senkrecht aus der Grenzfläche heraustretenden Zweigen wird dem Bestande einerseits ein neuer Raum mit andersartigen und zugleich gleichförmigeren Bedingungen, die sich im andersartigen und gleichförmigeren Bau der Zweige andeuten, erschlossen und andererseits wird dem Hauptfadenbestande Schutz gewährt. Außerhalb des Wasserkörpers können an feuchten Standorten die II-Fädenbestände wasserhaltend und -speichernd, an wasserärmeren Plätzen können sie als Austrocknungsschutz wirken. Wie weit sie im letzteren Falle außerdem als „Staubfänger" Bedeutung haben, ist unklar. Im Ganzen deutet die grundsätzliche Bauart und Arbeitsweise des *Hapalosiphon*lagers auf Einordnung in feuchte und echt aerophytische Lebensräume hin. Für Arten, die wie die vorliegende auch untergetaucht gedeihen, tritt teilweise ein ökologischer Bedeutungswandel ein. In voll entwickelten Lagern in der Strömung kommt den Hauptfäden, soweit sie nicht in Ho, D oder *Chroococcen*formen zerfallen, ganz überwiegend die Aufgabe der Verankerung zu, während allein die Zweige ein ± üppiges Wachstum zeigen und daher häufig in fast reinen Beständen angetroffen werden. Der auch ökologisch darstellbare Übergang vom *Stigonema*-Typ zum *Oscillatoria*-Typ leuchtet damit unmittelbar ein, zumal die Hz in den Zweigbeständen fast völlig verschwinden können.

Wie vorstehende Mitteilungen erkennen lassen, sind die verschiedenen Formen des Zell-, Tr- und Lagerbaus von *Hap. lam.* jeweils gewissen bestimmbaren ökologischen Bedingungen im engsten Raume zuzuordnen. Deshalb sind bei planmäßigem Nachsuchen und entsprechender ökologischer Aufgliederung eines thermalen Lebensraumes, in dem die Art vorkommt, meistens alle genannten Formen, soweit sie nicht an bestimmte „physiologische Rassen" gebunden sind, auch auffindbar. Es ist also nicht so, daß in jedem Thermengebiet morphologisch unter-

scheidbare Sonderformen der Art auftreten. Die wohl zweifellos vorhandenen „Rassen" (vergl. Puyehue-Kamisuwa) sind gerade wegen der an allen Standorten auftretenden Formenfülle morphologisch kaum oder jedenfalls nur äußerst umständlich voneinander zu trennen.

D. Beobachtungen an anderen Arten.

Im Laufe der vorstehenden Mitteilungen mußten verschiedentlich Auffassungen behandelt werden, die wohl auf verschiedene Beobachtungen gestützt sind, dabei aber doch in mancher Hinsicht beträchtlich von den bisherigen Anschauungen über diesen Gegenstand abweichen. Diese abweichenden Auffassungen — etwa über Beziehungen zwischen morphologischen und ökologischen Verhältnissen oder zwischen Wachstumsdruck und Zellteilung — wurden nicht nur aus den hier mitgeteilten, sondern auch aus Befunden an anderen Gegenständen abgeleitet. Da es nun noch nicht an der Zeit ist, im einzelnen notwendige Schlußfolgerungen zu verallgemeinern, zumal hier nicht das erforderliche Schrifttum zur Verfügung steht, sei es gestattet, wenigstens in großen Zügen Berichte über eine Reihe scheinbar zusammenhangloser Einzelbeobachtungen folgen zu lassen.

Hz a. Über Heterocysten: Bestentwickelte, reine II-Fädenbestände von *Hap. lam.* sind gewöhnlich (Island, Chile), vor allem an austrittsnahen Standorten, Hz-los. Genauere Prüfungen zeigen, daß die Anzahl der Hz mit Verschlechterung der Wachstumsbedingungen zunimmt. Dies gilt, wenn auch weniger deutlich, genauso für I-Fäden. Ähnliche Verhältnisse werden auch bei anderen quellbewohnenden Arten gefunden. So gedeiht in Masutomi (Japan, Quelle B_1, 16.5.42) eine *Calothrix thermalis*, deren Tr in Austrittsnähe überhaupt keine, auch keine basalen Hz enthalten, sodaß die Art anfangs als eine *Homoeothrix* angesehen wurde, bis mit steigender Entfernung (ca 6 – 8 m) vom Austritte und vor allem unter Mischwassereinfluß Hz in zunehmender Zahl gefunden wurden und schließlich im Mischwasser selbst das typische Bild einer *Calothrix* vorlag. Außerdem wurden in Masutomi im Rieselwasser der stark radioaktiven Quellen (150 – > 500 ME im Liter Wasser) zwei praktisch Hz-lose *Nostoc*arten (*N. minutissimum* und *N. muscorum*) festgestellt. In Termas de Jahuel (Prov. Aconcagua, Chile) sind unmittelbar am Hauptaustritt überrieselte Steine von dunkel blaugrünen dichten Rasen einer *Homoeothrix* überzogen. Am Grunde dieser Rasen und nur dort, wo offenbar kein nennenswertes Wachstum mehr stattfindet, treten vereinzelte Hz auf. Die tA liegt in den beiden genannten Quellgebieten unter 35°. Die genannten Funde werden später näher behandelt.

Zweifellos werden sich künftig die Beispiele für dieses offensichtlich ökologisch bedingte Verhalten der Hz vermehren lassen. — Die Anzahl der Hz-bildenden Arten in thermalen Lebensräumen ist, da der Hauptanteil von *Oscillatoriaceen* gestellt wird, überhaupt sehr gering. Auch der Umstand, daß die Mehrzahl der Hz-losen *Rivulariaceen* vorwiegend in Quellen und Bächen lebt, deutet in gleicher Richtung. Eine allgemeine ökologische Umschau vermittelt den Eindruck, daß Hz-lose Hormogonale Räume mit günstigen Ernährungsbedingungen (Quellen, vor allem Thermen und Mineralquellen, gedüngte und fließende Gewässer) bevorzugen. Dabei könnten, was für die meisten Quellen sehr wahrscheinlich ist, chemische Unausgeglichenheiten, die in gewissem Umfange für alle Quellen und für viele Bäche anzunehmen sind, entscheidend wirksam sein. Dahingegen sind Hz-bildende und besonders Hz-reiche Arten bevorzugt dort zu treffen, wo entweder gleichförmigere (Plankton, stehende Gewässer) oder erschwerte Lebensbedingungen (Litoralbewuchs, Plankton, aerophytische Standorte) herrschen. In dieser Hinsicht ist die Hz-reichste Blaualge, *Anabaena azollae*, vielleicht aufschlußreich. Die Hz sind hier dem Oberflächenrelief der „Wirtspflanze" eng angeschmiegt. Wenn ernährungsphysiologische Beziehungen zwischen den beiden Pflanzen bestehen, dürften für diese die Hz eine entscheidende Rolle spielen.

Bei allen Unklarheiten, die im einzelnen noch bestehen, muß doch mit einer ernährungsphysiologischen Bedeutung der Hz gerechnet werden. Damit wird auf Grund der mitgeteilten Befunde die systematische Wertigkeit der Hz (etwa zur Trennung der Gattungen *Calothrix* und *Homoeothrix*) beträchtlich vermindert. Im gleichen Maße gewinnt die Hz Bedeutung für die ökologische, insbesondere für die quellökologische Arbeit.

Eine weitere, vorerst noch nicht scharf faßbare Beziehung dürfte die Hz zur Eigenbeweglichkeit der Trichome haben. Tr und Ho mit einer oder mehreren Hz sind nach allen bisherigen Befunden bewegungsunfähig[1]). Dagegen konnten wiederholt und einwandfrei langsame Kriechbewegungen an Hz-freien Ho verschiedener *Tolypothrix*- und *Scytonema*arten festgestellt werden. Ein in *Nostoc*lagern durchaus nicht seltenes Bild ist dieses: ein Tr hat sich von seiner basalen, außerhalb der Gallertscheide liegenden Hz gelöst und ist um mehrere Zellängen weitergerückt und hat dort vielleicht eine neue basale Hz ausgebildet (32, Abb. 9. S. 131). Der gleiche Vorgang kann sich mehrmals wiederholen und eine größere Zahl freier Hz in einem *Nostoc*-

1) Jedenfalls sind solche Bewegungen mikroskopisch nicht unmittelbar festzustellen.

lager hinterlassen. Fälle, in denen durch Deckglasdruck Hz von ihren Tr getrennt werden, lassen sich gewöhnlich leicht und zweifelsfrei von den hier geschilderten Vorgängen unterscheiden. Immerhin könnten solche Erscheinungen noch durch wechselnde Druckverhältnisse im Lager, also durch passive Auspressung des Tr aus der verschleimenden Scheide erklärt werden. Dem widerspricht aber in mancher Hinsicht, ganz abgesehen von der Häufigkeit solcher Erscheinungen, folgender Befund an *Nostoc muscorum* fa. aus Rieselwasser einer kleinen Quelle (Cuesta La Dormida bei Valparaiso, 1000 m. 10. 11. 40): Die Tr im weich gallertigen Lager sind 3.5μ–5μ breit (Abb. 6), die Zellen 4μ–11μ lang, Hz 6μ–8μ breit und bis 10μ lang, oft in langen Reihen gebildete D 6μ breit und 10μ–20μ lang. Daneben finden sich vereinzelt Hz-lose Tr von 4.5μ–5μ Breite mit 3μ–6μ langen Zellen. Die geringen Unterschiede in den Maßen (siehe unten S. 43), die nur durch Messungen und eingehende Beobachtung festgestellt werden, und das Fehlen der Hz sind die einzigen morphologischen Merkmale, mittels deren eine Trennung der beiden Tr-Typen möglich ist. In Endzellformen, Einschnürung, Plasmagefüge und Farbe besteht am lebenden und am formolfixierten Material vollständige Übereinstimmung. Die Hz-losen Tr zeigen jedoch einwandfrei lebhafte *oscillatorien*artige Kriechbewegungen. Ein Bestimmungsversuch unter Beachtung dieses Merkmals führte zu dem Ergebnis, daß es sich um eine *Oscillatoria lacustris* fa. handeln müsse, wenn eben die Zugehörigkeit zum vorliegenden *Nostoc* nicht klar gegeben wäre. — Der Schluß liegt nahe, daß zwischen Hz-Verlust und Trichombewegungen ursächliche Zusammenhänge bestehen.

Zellteilung

b. Über Zellteilung und Trichomverzweigung: Die Beobachtung lehrt, daß das Zellvolumen vieler Hormogonaler in gewissen Grenzen durch Umwelteinflüsse mitbestimmt wird, denn Unterschiede in der Zellänge, die eine Art an verschiedenen Standorten, ja, an verschiedenen Stellen eines Lagers aufweisen kann, lassen sich nur so erklären. Daß solche Unterschiede im Zellvolumen und damit in der Teilungsfrequenz noch nicht ökologisch ausgewertet werden können, hat seinen Grund darin, daß diese Unterschiede auf kleinstem Raume, oft innerhalb eines Fadens ziemlich groß sein können. Außerdem ist wahrscheinlich, daß verschiedene Ursachen gleiche oder ähnliche Wirkungen auf die Teilungsfrequenz ausüben.

Nur ausnahmsweise kann einmal die Teilungsfrequenz mehrerer Arten an einem Standorte gleichzeitig auffallend deutlich erhöht sein. Ein Beispiel dafür bieten die bereits erwähnten Quellen von Masutomi (S. 38): Außerordentliche Häufigkeit und ungewöhnliche Ausmaße von Tr-Stauchungen an zwei *Schizothrix*arten und unverhältnismäßig häufige Teilungsstadien bei *Synechocystis aquatilis* var. *minor* —

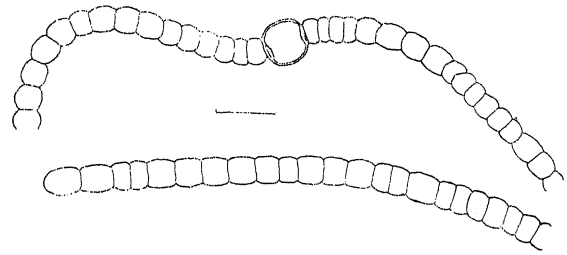


Abb. 6: *Nostoc muscorum* fa. (Cuesta La Dormida), unten Hz-loses, bewegliches Tr.

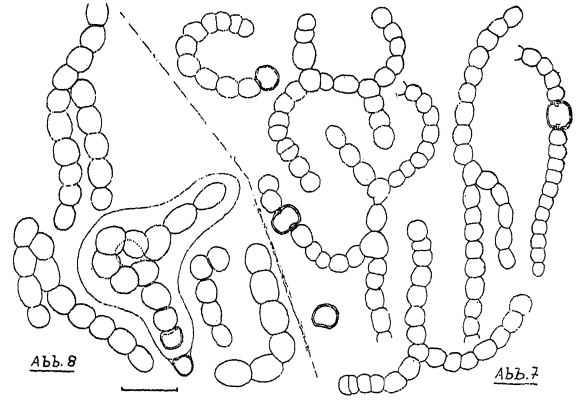


Abb. 7: *Nostoc.* sp. (Ikao) mit echten Tr-Verzweigungen.
Abb. 8: *Nostoc.* sp. (Karuizawa) mit echten Tr-Verzweigungen, daneben ein gestauchter Keimling.

wahrscheinlich nur eine durch erhöhte Teilungsfrequenz bedingte kleinere Standortform der typischen Art — deuten sämtlich auf teilungsfördernde Umweltwirkungen, die an der schon erwähnten *Calothrix thermalis* (S. 38) am meisten in die Augen fallen. Die quellferneren Bestände (ca 8 m vom Austritte) dieser *Calothrix* weisen ungleichmäßigere und durchschnittlich größere Zellängen (3μ–4μ gegen 2μ–3μ) auf, die Tr sind erheblich stärker verjüngt und gehen in ein Haar aus, das den quellnahen Beständen (ca. 3–4 m vom Austritte) fehlt. Daß in diesem Falle radioaktive Wirkungen in den geschilderten morphologischen Abweichungen erkennbar werden, ist mit großer Wahrscheinlichkeit zu vermuten. Ausführlich wird hierüber später berichtet. Hier sollte nur festgestellt werden, daß die Teilungsfrequenz unmittelbar, d. h. nicht über den Umweg über die Ernährung, durch Umweltbedingungen und in entsprechender Weise bei mehreren Arten gleichzeitig beeinflußt werden kann. Als ökologisches Merkmal ist die Teilungsfrequenz jedoch erst dann brauchbar, wenn die arteigenen Gesetzmäßigkeiten des Teilungsvorgangs bei den Hormogonalen hinreichend bekannt sind. Die Beobachtung liefert hierzu vorerst u. a. folgende allgemeinen Gesichtspunkte:

1. Die größten Schwankungen der relativen Zellänge (bezogen auf Tr-Ø) kommen bei Arten vor, deren Tr in derben Scheiden liegen (z. B. *Rivulariaceen, Scytonemataceen*).

2. Größte relative Zellängen finden sich (ohne Rücksicht auf Vorhandensein und Bau von Scheiden) bei kleinsten Tr-Ø (z. B. dünne *Phormidien*).

3. Geringste relative Zellängen sind vor allem *Oscillatorien* mit größeren Tr-Ø eigentümlich, also Hz-losen, beweglichen, unbescheideten Tr mit ± ausgeprägt zylindrischen Zellformen. Gleiche oder doch sehr ähnliche Neigungen zeigen Ho mancher *Scytonemataceen*, die häufig gleichfalls beweglich und Hz-los sind.

4. Verhältnismäßig geringste Schwankungen der relativen Zellänge treten bei
   a) Arten mit geringster relativer Zellänge (vergl. 3.) und
   b) Trichomen, die in Schleim- oder Gallertmassen eingebettet sind, auf (*Nostocaceen*).

5. Zylindrische Zellformen sind überwiegend an
   a) scheidenlose, bewegliche (*Oscillatoriaceen*) und
   b) eng und ± fest bescheidete Arten gebunden.

6. Tr mit nicht zylindrischen, ± kugel- oder tonnenförmigen Zellen liegen gewöhnlich entweder in schleimigen bis gallertigen Massen oder in festen Scheiden.

7. Nicht senkrecht zur Tr-Richtung liegende Zellteilungsebenen kommen regelmäßig nur bei Tr der zuletzt genannten Form vor.

Aus diesen allgemeinen Beobachtungen ist folgendes über die mechanische Bedeutung und Auslösung des Teilungsvorgangs abzuleiten: Offenbar sind bei unbescheideten zylindrischen Tr Zellteilungen für die mechanische Festigkeit des Tr von Bedeutung. Dafür sprechen einerseits die ringspantenartige Anlage der *Oscillatorien*teilung und andererseits die verhältnismäßig langen Zellen bei kleinem Tr-Ø und die stark schwankenden Zellängen bei Vorhandensein fester Scheiden. Wenn diese Auffassung zutrifft, wird die Teilung vermutlich durch die mechanische Beanspruchung der Zylinderwand ausgelöst. Bei beweglichen Tr ist eine derartige Auslösung am leichtesten verständlich. Bei der Kriechbewegung liegt, da eine völlig gleichmäßige Beteiligung aller Zellen daran nur als Sonderfall angenommen werden kann, auf den einzelnen Zellen ein verschieden großer und wechselnder Zug oder Druck. Bei den elastischen Eigenschaften der Außenmembran müßten diese Druck- und Zugzustände zu umso stärkeren Verformungen des Tr-Querschnitts führen, je größer bei gleichbleibenden Membraneigenschaften der Durchmesser und die Zellänge sind. Solche Verformungen werden bei *Oscillatorien* nie beobachtet, da sie anscheinend eben durch genügend eng gestellte Querwände und „Ringspanten" verhindert werden. Für die Auslösung der Wandanlage durch Zug- und Druckbeanspruchung sprechen ihre verhältnismäßig regelmäßigen Abstände bei in hohem Maße unveränderlichen Tr-Ø. In mechanischer Hinsicht entsprechen also die „Ringspanten" der *Oscillatoriaceen* den festen Scheiden anderer Gruppen mit zylindrischen Tr.

Bei Arten mit aufgewölbter Außenmembran (z. B. *Nostocaceen*) spielt sich wohl grundsätzlich der gleiche Vorgang ab, nur wird hier außerdem gleichzeitig mit der Querwandbildung die prall gespannte Membran wieder zusammengezogen. Auch hier könnte der Spannungszustand der Außenhaut sehr wohl als Auslösung für die Teilung in Betracht kommen. Die durch Wachstum und Tr-Einschnürung verursachte Tr-Verlängerung führt in schleimigen bis gallertigen Einbettungen zu den bekannten typischen Tr-Krümmungen, deren Ausmaß vielleicht durch Tr-Länge und Zähigkeit des Einbettungsmittels mitbestimmt wird. Dafür spricht, daß nicht gestauchte Keimlinge und in dünnen Schleim eingebettete *Anabaenen* oft kaum gekrümmt sind. — Daß sich der Spannungszustand der Außenmembran überhaupt physiologisch auswirkt, zeigt sich bei manchen *Nostoc*-Tr an den Schleimhüllen (verschleimten Scheiden), die über dem Scheitel der Wölbung am dicksten zu sein pflegen. Diese Hüllen wirken wohl als Druckwiderstand und Stützung der gespannten Membran.

Danach müßte es bei stark gekrümmten oder sogar gestauchten *Nostoc*-Tr vorkommen können, daß die Membranspannung auf den Innenseiten der Krümmung durch zusammengepreßte Schleimpolster vollkommen ausgeglichen wird, während sie sich auf der gegenüberliegenden Seite entsprechend vergrößert. Wenn nun die Querwandbildung in der Linie der höchsten Membranspannung angelegt wird, dann kann die Teilungsebene in diesem Falle nicht senkrecht, sondern sie muß tangential zur Tr-Richtung liegen. Die so abgeleitete Verzweigung von *Nostoc*-Tr kommt tatsächlich vor (siehe unten S. 45).

In ganz entsprechender Form ist auch die oben (S. 35) behandelte *Hapalosiphon*verzweigung abzuleiten. Hier wird im allgemeinen die Membranspannung auf der Unterseite durch die Verankerung des Fadens auf dem Untergrunde aufgehoben. Nur bei sehr derben, festen Scheiden kann sich die Ebene der höchsten Membranspannung von der Tangentialen bis in den Tr-Querschnitt selbst senken und dann ± senkrecht zu diesem liegen. In solchem Falle tritt in einem sonst einreihigen Faden eine einzelne Längsteilung auf. Die dabei erfolgende Einschnürung der sich teilenden Zelle verringert den Druck auf die Querwände angrenzender Tr-Zellen, sodaß sich diese Wände etwas durchwölben, spannen und danach Teilungen in der gleichen Ebene ansetzen können. Auf diese Weise kann sich, von einer Zelle ausgehend, die Teilungsebene in Tr-Richtung auf längere Strecken fortpflanzen und das Bild des *Stigonema*baus entwickelt werden.

Mit allen diesen Hinweisen soll keineswegs gesagt sein, daß Zellteilungen ausschließlich und in allen Fällen durch bestimmte Spannungsverhältnisse der Zellmembran ausgelöst würden. Als einigermaßen gesichert kann vielmehr nur gelten, daß bei Hormogonalen Querwände zum Teil als Ringspanten zur Erhöhung des Druckwiderstandes zu verstehen sind und nach Maßgabe dieses Bedürfnisses eingezogen werden. — Ergänzend ist noch kurz auf einen Weg zu verweisen, der weitere Aufschlüsse über die hier angeschnittenen Fragen verspricht. Tatsächlich besteht ja keine scharfe Trennung zwischen bewegungsfähigen und bewegungsunfähigen Hormogonalen. Insbesondere sind Ho vieler sonst festgehefteter Arten (z. B. *Scytonemataceen* und *Hapalosiphon*) ± deutlich und lebhaft bewegungsfähig. Wenn nun, was als sicher gelten kann, eben abgeschnürte Ho sich in der Scheide zu bewegen beginnen, so sind die Zellen besonders bei längeren Exemplaren einem basalwärts ansteigenden Zuge ausgesetzt. Dieser Zug scheint zusammen mit dem Druckwiderstand der Scheide die Auslösung von Zellteilungen zu hemmen. Dagegen zeigt das Apikalende, besonders sein aus der Scheide herausragender Teil, gewöhnlich eine auffallend höhere Teilungsfrequenz. Oft ist der Tr-Ø zugleich etwas größer und die Quer-

wände sind stärker eingeschnürt. In diesem Abschnitt fehlen die genannten Zugwirkungen ebenso wie der Druckwiderstand der Scheide. Beide Mängel werden durch erhöhten Ansatz von „Ringspanten" ausgeglichen. Auch die Gestaltung der Endzelle verspricht weitere Aufschlüsse über den Teilungsvorgang.

Verzweigung

Schließlich sind hier noch die erwähnten beiden Funde echter Tr-Verzweigungen bei *Nostoc* kurz zu behandeln. Geitler, der zum ersten Male eine solche Verzweigung im Material der Deutschen Limnologischen Sunda-Expedition aus Mittel-Java (4, S. 324, Abb. 83) an einem „sterilen *Nostoc* vom Aussehen *verrucosum*" feststellte, deutet diesen Fund als „ein zufälliges und ausnahmsweises Verhalten". Aus Japan liegen nunmehr folgende Ergänzungen vor:

1. Sterile *Nostoc* sp. (vielleicht *verrucosum*) wurde am 6. 6. 42 an schattiger, reichlich von nicht thermalem Wasser berieselter Konglomeratwand bei den Thermen von Ikao (Gumma-ken) gefunden. Zwischen spärlichem Bewuchs von fädigen Grünalgen und Diatomeen sitzen auf festem Untergrunde ± halbkugelige, bis 3 mm große hellbraunhyaline Lager mit fester Außenschicht. Die am Lagerrande dichter gedrängten Tr sind 3μ–4μ breit. Die tonnenförmigen Zellen sind meist etwas kürzer als breit. Hz sind ± kugelig mit 4.8μ–5.5μ Ø. Im Innern des Lagers erscheinen die Zellen etwas größer als am Rande. Verzweigungen treten vor allem im Lagerinnern auf[1]) (Abb. 7).

2. Sterile *Nostoc* sp. wurde am 17. 8. 42 an der Außenwand eines Leitungswasserbehälters in Karuizawa (Nagano-ken) bei Haus 834 gefunden. (Abb. 8) In dichten Beständen von *Chroococcus cohaerens* treten ± kugelige sterile Lager mit glatter farbloser bis gelblicher Außenschicht, die fest gallertig ist, auf. Die Lager haben 60μ–800μ Ø. Die Scheiden sind farblos bis gelblich, meist nicht sichtbar. Die schmutzig braungrünen Tr von (3.8μ–) 4μ–4.5μ (–5.5μ) Breite sind dicht gelagert. Die tonnenförmigen Zellen sind meist etwas kürzer, selten länger als breit. Die ± kugeligen Hz treten fast nur terminal auf und trennen sich leicht vom Tr. Sie haben 4μ–5.5μ Ø. Die gelegentlich auftretenden Verzweigungen (Abb. 8) scheinen schon in Keimlingen, die im *Chroococcus*lager sehr verbreitet sind, durch Stauchung zu entstehen.

Nachdem Geitlers erste Beschreibung durch vorstehende zwei Funde bestätigt und ergänzt wurde, kann echte Verzweigung bei *Nostoc*-arten nicht mehr als Zufallsbildung angesehen werden. Ob in Japan

1) Auf den Abb. 7 und 8 ist zu erkennen, daß die ± verformten Zellen, an denen Verzweigungen ansetzen, größer werden können als die übrigen Zellen, ohne sich zu teilen. Hier könnte ein Zug auf die Zellwand wirksam sein.

derartige Verzweigungen häufiger vorkommen, wäre noch zu untersuchen. Leider ist die Blaualgenflora in den bisher von mir bereisten Gebieten der Hauptinsel außerhalb der Thermalgewässer im Vergleich mit deutschen, isländischen und chilenischen Verhältnissen arm. Als sehr wahrscheinliche Ursache dafür konnte der ± starke Niederschlag vulkanischer Aschen (vgl. auch unten, S. 48) ermittelt werden. Darüber wird an anderer Stelle noch zu berichten sein.

Vorstehende Mitteilungen bestätigen, daß Blaualgen als typische und oft beherrschende Glieder der Besiedlung umraumfremder Quellen in ihrem Zell-, Tr- und Verbandsbau ± große und gelegentlich ungewöhnliche Mannigfaltigkeiten zeigen. Beobachtungen ergeben, daß diese Formenfülle wenigstens zum Teil durch Umweltwirkungen bedingt ist. Es gelingt einzelne Bildungen bestimmten ursprünglichen oder durch die Art selbst abgewandelten Standortbedingungen zuzuordnen. Die in den regelhaften Äußerungen geringer Gestalthärte beruhenden Möglichkeiten zu ökologischer Auswertung sind erst zum kleinen Teile erschlossen, weil sowohl die arteigenen Gesetzmäßigkeiten der Formwandelbarkeit wie die oft in kleinsten Räumen wirksamen ökologischen Kräfte bisher nur andeutungsweise erfaßt wurden. Planmäßige Beobachtungen und ökologische Versuche versprechen daher wertvolle Aufschlüsse in der aufgezeigten Richtung.

Die naheliegende Annahme, daß der niedrige Grad der Gestalthärte, den die Thermalalge *Hapalosiphon laminosum* aufweist, einzigartig sei, trifft nicht ohne weiteres zu. Zwischen Grad und Wesen der Gestalthärte und dem Charakter des arttypischen Lebensraums bestehen vielmehr noch tiefere Beziehungen. Zur Erläuterung dieser Auffassung wird im Anschluß über einen noch im ganzen rätselhaften Stoff berichtet.

E. Vergleichende Beobachtungen an „Tengu-no-mugimeshi" (TMM).

Einführung

Die japanische Bezeichnung „Tengu-no-Mugimeshi" (天狗の麥飯) bedeutet „Getreidebrot des Berggeistes" oder ins Deutsche übertragen etwa „Rübezahlbrot". Schon diese und eine Reihe weiterer volkstümlicher Benennungen und davon abgeleitete Bergnamen lassen vermuten, daß es sich um eine Erscheinung handelt, die seit langer Zeit dem japanischen Volke bekannt ist (37). Alle bisherigen Fundorte dieses Materials liegen in Japan in Höhen über 700 m, zumeist zwischen 1500 m und 2000 m an Vulkanen. Die wissenschaftliche Geschichte dieses Gegenstands wird von mehreren zusammenfassenden Berichten behandelt (29). Sie beginnt mit den unveröffentlichten Untersuchungen Oono's im Jahre 1902. Die ersten japanischen Veröffentlichungen, die 1916 erschienen, deuten das „Rübezahlbrot" als Mischbestand verschiedener Bakterien und einer als *Leucocystis* sp. bezeichneten Blaualge (37). Kawamura äußerte bereits die Meinung, daß zwischen den einzelnen aufgefundenen Formen genetische Zusammenhänge bestünden. Die Hauptmasse wird nach ihm von einer als „*Vulcanothrix silicophila* n.g. n.sp." bezeichneten Kapselbakterie gebildet. Endoo vertrat 1911 die — völlig abwegige — Auffassung, daß es sich um eine *Nostocacee* handele. Der bekannte Botaniker Miyoshi sorgte durch eine 1921 erschienene Denkschrift dafür, daß TMM an einigen Standorten unter Naturschutz gestellt wurde. Molisch veröffentlichte 1926 (19 S. 104–109) seine allgemeinen und Stockmayers systematische Ergebnisse über diesen Stoff. Wenn von diesen die Auffassung vertreten wird, daß es sich um eine Anzahl verschiedener *Chroococcalen* und um eine *Lyngbya* sp. handele, in deren Beständen kurzfädige Bakterien gedeihen, so ist dieser anfechtbaren Meinung zugute zu halten, daß Molisch das Material nicht selbst an seinem natürlichen Standorte sah, sondern seine Untersuchungen auf unfixierten, halbtrockenen Proben Kawamuras aus dem Jahre 1915 aufbaute. Daß dies überhaupt möglich war, ist auf die außerordentliche Widerstandsfähigkeit des TMM gegen Fäulnis zurückzuführen. Grundsätzlich neue systematische Auffassungen sind seither nicht mehr aufgetaucht, sodaß bis heute noch keine Klarheit darüber erzielt werden konnte, ob es sich um *Chroococcaceen* oder um Bakterien handelt. Ferner ist noch unklar, ob und welche genetischen, systematischen und ökologischen Beziehungen zwischen den einzelnen aufgefundenen und beschriebenen Formen bestehen, da alle Reinkulturversuche scheiterten. Kulturversuche brachten lediglich das bemerkenswerte Ergebnis, daß sich unter den isolierbaren Begleitern weder *Azotobacter* noch nitrifizierende oder zelluloseabbauende Arten befinden. In jüngster Zeit haben sich neben Kato vor allem Okada und Takahashi um die Biologie und Ökologie des TMM bemüht und dabei auch zusammenfassend das bisherige Schrifttum behandelt. Ihre letzten Ergebnisse liegen mir nicht vor.

Chemische Untersuchungen wurden bereits von Kawamura eingeleitet. Er weist auf den außerordentlich hohen Gehalt der Asche an Kieselsäure hin. Diese dürfte jedoch zu einem großen Teile aus vulkanischen Aschen stammen und nur in die Gallertmassen eingelagert sein, ohne unmittelbare Beziehungen zum TMM selbst zu haben. Kakagawa prüfte das „Rübezahlbrot" nahrungsmittelchemisch und im Fütterungsversuch. Im Widerspruch zur Volksmeinung stellte er fest, daß es keinerlei Nährwert habe.

Soweit aus vorliegenden Veröffentlichungen hervorgeht, ist sowohl die systematische Einordnung wie die Lebensweise des TMM noch völlig

ungeklärt, weil einerseits eine einzigartige Formenmannigfaltigkeit vorliegt, und weil andererseits alle Kulturversuche bisher negativ verliefen, was zu der naheliegenden Vermutung führte, daß bestimmte unbekannte „Faktoren" voraussetzende Bedingungen für die Entwicklung des „Rübezahlbrotes" bilden.

Der Stoff, über den nachstehend kurz berichtet wird, schien nach den Mitteilungen Molischs (79) im Rahmen der umrissenen Fragen aus folgenden Gründen einer genaueren Beachtung wert:

ökologische Bedeutung

1. Außerhalb thermaler Lebensräume fällt die Blaualgenflora, besonders die aerophytische in den bisher allein besuchten Zentralgebieten der Hauptinsel durch ihre ungewöhnliche Armut auf. Als Ursache dieser Verarmung ergab sich mit großer Wahrscheinlichkeit die Wirkung vulkanischer Aschen; denn an Stellen, wo diese nicht oder nur in sehr verringerten Mengen hingelangen können (senkrechte bis überhängende Flächen mit Kondenswasser; mit Niederschlagsrinnsalen, die vorher ausgiebig durch Moospolster filtrierten, versorgte und gegen Einwehung geschützte Flächen, Alpentäler usw.) treten typische und oft kräftig entwickelte Blaualgenverbände verschiedenster Art auf. Wenn nun in der Nähe tätiger Krater sogar Massenentwicklungen von Blaualgen vorkommen sollten, so wäre dies ein entscheidender Widerspruch gegen genannte Auffassung. Es müßte sich dort um eine Auslese besonders widerstandsfähiger Arten handeln.

2. An tätigen Vulkanen herrschen, ähnlich wie in umraumfremden Quellen, in mancher Hinsicht extreme und z. T. dazu noch stark wechselnde Bedingungen. Mithin erschien gerade dieses Material als Vergleichsgegenstand besonders geeignet.

Beobachtungen

Aus diesen Gründen wurde am 22. Juli 1942 gemeinsam mit japanischen Kollegen von Karuizawa aus eine Wanderung zu einem Fundorte von TMM am tätigen Vulkane Asama unternommen. Der Platz, an dem auch Okada TMM sammelte (29, Fig 1) heißt Yunotaira und liegt in etwa 2000 m Höhe. Hier wird TMM an einem Steilhange, aus dem hie und da Felswände herausragen, in großer Menge und Ausdehnung gefunden. Der Boden, in dem „Rübezahlbrot" vorkommt, ist fast vollkommen von einer dichten Almenvegetation überzogen. Diese ist durchweg üppig entwickelt und sehr verschieden zusammengesetzt, jedenfalls innerhalb des TMM-Areals keineswegs gleichartig. Sie besteht stellenweise aus kniehohen *Carex*-Wiesen, daneben kommen auch Bambusgrasbestände und ausgedehnte, niedrige Moosrasen vor. Größere Sträucher fehlen. Bei Begehung der Flächen fällt wenigstens stellenweise die weiche, waldbodenartige Elastizität des Grundes auf. Die Vegetationsdecke ist nur stellenweise von Steinblöcken durchbrochen und manchmal von einer dünnen Schicht Gesteinsgrus überschüttet.

TMM liegt offenbar nirgends ursprünglich zu Tage. Es bildet vielmehr von 2 bis 10 cm Bodentiefe an eine Lage, die bis 30 cm mächtig sein kann. Diese läßt in sich keine deutliche Schichtung erkennen. Zuerst fällt der verhältnismäßig sehr geringe Gehalt der Masse an Verunreinigungen auf. Diese befinden sich vorwiegend in den unscharfen oberen und unteren Grenzzonen und bestehen aus vulkanischen Aschen, kleinen Steinen, aschereichen Erdklumpen, Holzstücken, toten Vegetabilien, Chitinpanzern usw. Die TMM-Masse selbst ist von dünnschleimiger bis hartgallertiger Beschaffenheit und farblos, weißlich, bräunlich bis dunkelbraun und braunschwarz. Der Versuch, die durch alle Übergänge miteinander verbundenen verschiedenen Formen des Vorkommens nach Farbe und Beschaffenheit voneinander zu trennen, hat wenig Sinn, da sich diese Formen äußeren Bedingungen entsprechend leicht aus einander ableiten lassen. Versuch und Beobachtung am Standorte ergeben: Die Farbe ist anscheinend unabhängig von Lichtbedingungen, sie wird vielmehr mit zunehmender Austrocknung dunkler. Bei erneuter Wasserzufuhr scheint allerdings nicht ohne weiteres wieder eine Aufhellung einzutreten. Die mechanische Beschaffenheit und das Gefüge des Bestandes ist — abgesehen von Verunreinigungen und deren lokalen Wirkungen — vorwiegend vom Wassergehalte abhängig, der infolge starker hygroskopischer Eigenschaften gewöhnlich sehr hoch ist und wohl meist über 90% beträgt. An Steinflächen, an denen sich bei trockenem Wetter infolge schwammartiger Raumverminderung des Bodens, vor allem des TMM-haltigen, leicht Hohlräume bilden, befinden sich wegen der geringen Saugkraft des Steins (z. B. gasarme Laven) meist blasse schleimige Schichten. Im Boden selbst treten umso wasserärmere und damit dunklere und infolge Volumverminderung körnig zerfallende, weich- bis hartgallertige Formen auf, je größer die Saugkraft des Bodens ist. Diese wird ihrerseits durch die Verdunstungsgröße der Vegetationsdecke entscheidend mitbestimmt. Daher werden unter *Carex*-Wiesen besonders dunkle, körnige und hartgallertige Massen gefunden, die sich mit den Fingern leicht zerkrümeln lassen, während unter kurzrasigen Moospolstern und -teppichen weichere und hellere, feuchtere Bestände liegen. Der TMM-Gehalt des Bodens hat also zweifellos eine hohe Bedeutung für den Wasserhaushalt seiner obersten Schichten und muß damit auch seinerseits Einflüsse auf die am Standorte gedeihende Vegetation ausüben.

Frisches „Rübezahlbrot" ist geschmacklos und riecht schwach erdig, manchmal auch, besonders wenn es verhältnismäßig reich an eingelagerten Erdklumpen ist, ± deutlich nach H_2S. Dieser an der Luft rasch verschwindende Geruch rührt wahrscheinlich von den Einschlüssen her. Sie weisen einen den TMM-Verhältnissen entsprechenden hohen

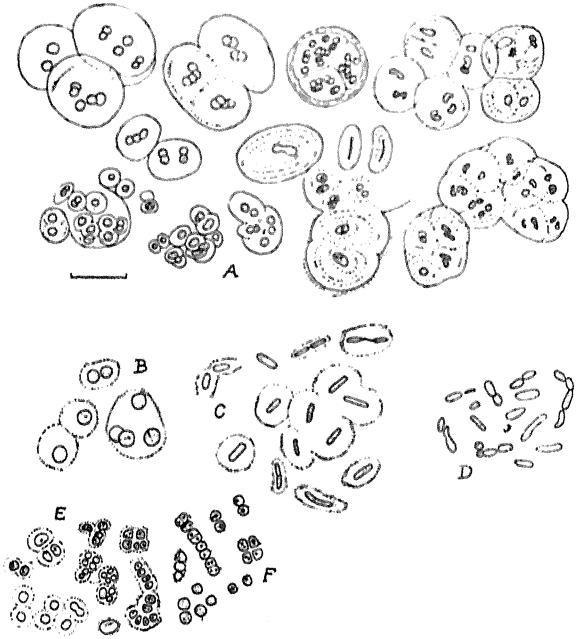


Abb. 9: Tengu-no-mugimeshi (TMM); A. Hauptbestand: Protoplasten in ± festen Hüllen, häufig *gloeocapsa-* oder *gloeothece-*artig; B. *aphanocapsa-* und *aphanothece*ähnliche Formen in Schleimhüllen; D. verhältnismäßig lebhaft gefärbte Protoplasten aus Abkochungskulturen; E. und F. kleinere *chroococcalen*ähnliche Formen mit und ohne Schleimhüllen; G. ± gestreckte, z. T. bakterienartige Formen stellenweise mit Endosporenbildung in Schleimhüllen; H. desgl. aber ohne Schleimhüllen und dazu *Coccen*formen.

Abb. 9

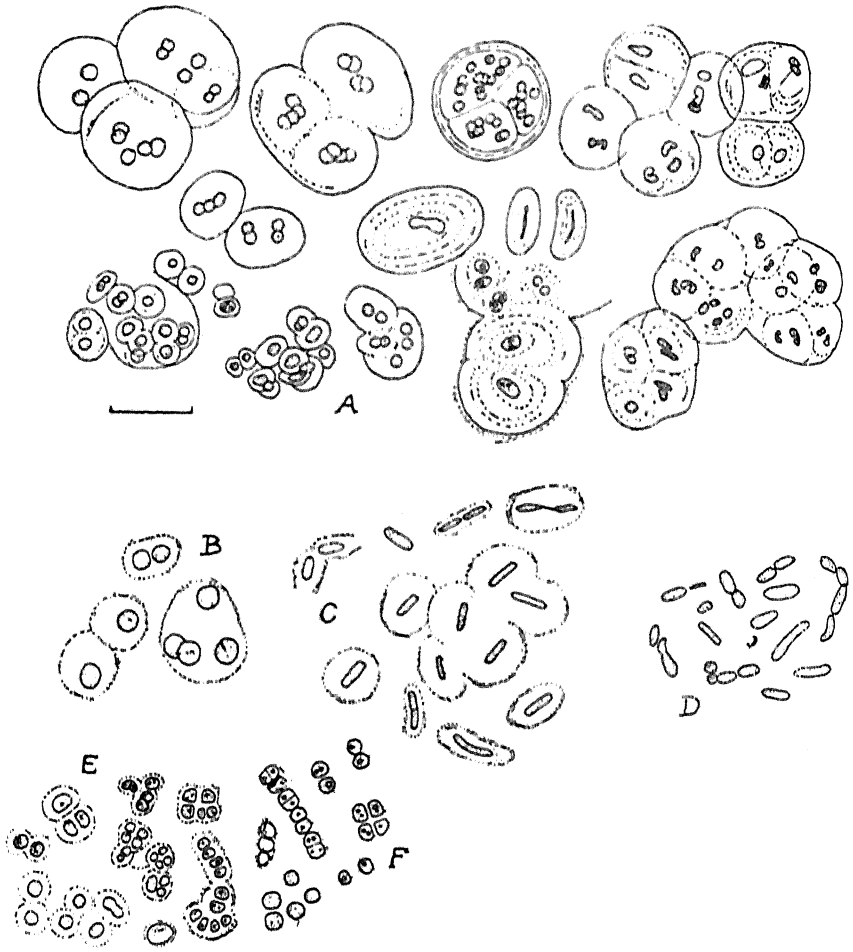


Abb. 9: Tengu-no-mugimeshi (TMM); A. Hauptbestand: Protoplasten in ± festen Hüllen, häufig *gloeocapsa*- oder *gloeothece*-artig; B. *aphanocapsa*- und *aphanothece*ähnliche Formen in Schleimhüllen; D. verhältnismäßig lebhaft gefärbte Protoplasten aus Abkochungskulturen; E. und F. kleinere *chroococcalen*ähnliche Formen mit und ohne Schleimhüllen; G. ± gestreckte, z. T. bakterienartige Formen stellenweise mit Endosporenbildung in Schleimhüllen; H. desgl. aber ohne Schleimhüllen und dazu *Coccen*formen.

Abb. 9

Feuchtigkeitsgehalt auf und werden von diesem offenbar nicht durchwachsen sondern ± scharf „abgekapselt". Die frische TMM-Masse zeigte (Lyphan-Papier) ein pH von ungefähr 6.3–6.4, die Abkochungen wiesen pH 6.2–6.3 auf. Der letzgenannte Wert sank im Laufe eines Tages auf 5.9. Das pH der auf TMM liegenden Bodenschicht (Moosteppiche) wurde mit 5.5 und vergleichshalber aus einem nahen Tannenwalde entnommenen Oberflächenproben mit 4.9 bestimmt.

Begleiter

Auffällig ist, daß in den ungewöhnlich üppigen organischen Massen tierische Bewohner so gut wie ganz fehlen. In Ausschüttelungen, besonders der schleimigen Vorkommen, konnten nur wenige *Nematoden* und *Rotatorien* (wahrscheinlich je nur eine Art) und ganz vereinzelt eine *Naide* nachgewiesen werden. In oberflächennahen Grenzzonen treten einzelne *Thecamoeben* auf. *Lumbriciden* und Insektenlarven wurden nicht gefunden. Auch eine echte Begleitflora scheint völlig zu fehlen, wenn man von den regelmäßig auftretenden meist stäbchenförmigen Bakterien und spärlich verzweigten *Actinomycetenfäden* von 0.5μ–1μ Breite absieht, die die Bestände durchziehen. Bemerkenswert ist schließlich noch das offenbar völlige Fehlen aerophytischer Algen auf dem doch nie gänzlich austrocknenden Boden.

Zellformen

Das mikroskopische Bild bietet nun eine außerordentliche Formenmannigfaltigkeit (Abb. 9). Die einzelnen Formen treten sämtlich — allerdings in wechselnden Mengenverhältnissen — in allen Proben gemeinsam miteinander auf und lassen sich morphologisch durch Nachweis aller Übergänge lückenlos auseinander ableiten. Als mengenmäßig bedeutendster Anteil ergibt sich vor allem in den wasserärmeren, härteren Lagern die als „Kapselbakterie" (Kawamura) oder als „*Gloeocapsa*" und „*Gloeothece*" (Molisch) gedeutete Form (Abb. 9A). Ihre in ± klar geschichtete und oft ineinandergeschachtelte Hüllen eingebetteten Protoplasten sind sehr blaß blaugrün bis farblos und enthalten häufig 2 bis zahlreiche Körnchen. Zum grundsätzlichen Unterschiede von äußerlich ähnlichen *Chroococcalen* ist jedoch die äußere Form der Protoplasten in weitesten Grenzen veränderlich. Von regelmäßig kugeligen Formen mit (1μ–)2μ–5μ Ø einerseits bis zu schwach gekrümmten oder unregelmäßig gebogenen Fäden mit 0.4μ–0.7μ Breite und bis > 15μ Länge andererseits werden alle denkbaren Übergangsformen gefunden. Die Protoplasten können einzeln oder zu wenigen bis zu mehr als 30 in gemeinsamen Hüllen liegen. Da nun zwischen Bildung fester, geschichteter Hüllen, die übrigens fast immer farblos und nur ausnahmsweise deutlich bräunlich sind, und völliger, fast dünnflüssiger Verschleimung — und zwar ohne Rücksicht auf die Protoplastenform — alle Übergänge gleichfalls auftreten, sind bereits damit die Voraussetzungen für den Hauptteil der beobachteten Formenfülle gegeben. Es kommt nun nur

noch hinzu, daß alle Stadien, besonders jedoch die gestreckten Formen in verschleimten oder verschleimenden Hüllen, zur Bildung von Endosporen fähig sind, deren Ø bis unter 0.4μ sinken kann. Bei eingehender und längerer Beobachtung des Materials wirken die durch alle Übergänge verbundenen Formenkreise so überzeugend, daß jeder Versuch einer morphologischen Aufteilung des Ganzen in mehrere Arten völlig willkürlich erscheinen muß. (Zugleich ist an einem solchen Falle zu erkennen, wie stark die Systematik auf Grund ihrer Erfahrungen darauf eingestellt ist, bei ihren Arten eine hohe Gestalthärte einfach vorauszusetzen). Für die vollkommene genetische Einheit der aufgezeigten Formenkreise sprechen außer den lückenlosen morphologischen Übergangsbildern vor allem folgende Punkte:

1. In allen frischen Proben finden sich in nach der mechanischen Beschaffenheit wechselnden Anteilen alle Formen.

2. Keines der verhältnismäßig spärlich als Begleiter auftretenden Bakterien und Pilzfäden läßt sich auch nur rein morphologisch in diesen Formenkreis einfügen. Daraus ergibt sich, daß eine wohlbegrenzte Mannigfaltigkeit vorliegt.

3. In verschiedensten Kulturversuchen bleibt die qualitativ-morphologische Zusammensetzung des Materials bei mengenmäßiger Verschiebung einzelner Formgruppen grundsätzlich gleich. Wenn verschiedene Arten vorlägen, wäre entsprechend ihren physiologischen Verschiedenheiten irgend eine Trennung oder Aufspaltung der Formenkreise zu erwarten. Diese tritt jedoch nicht ein.

4. Soweit aus dem Schrifttum hervorgeht, verliefen alle bisherigen Reinkulturversuche negativ, d. h. es gelang wohl einige begleitende Bakterien herauszuzüchten, niemals aber die geschlossenen Formenkreise zu sprengen. Dies ist nur erklärbar, wenn es sich um eine einzige, aus irgendwelchen Gründen bisher nicht kultivierbare Art oder um eine untrennbare Symbiose mehrerer Arten handelt. Daß letzteres zum wenigsten unwahrscheinlich ist, ergibt sich aus Punkt 3 und 5.

5. Die in mancher Hinsicht extremen ökologischen Verhältnisse (Aschenwirkungen, t-Schwankungen) machen es wahrscheinlich, daß nur eine Art in Massenentfaltung vorliegt. Naturgemäß können deren ausgedehnte Bestände einigen spärlich vertretenen Begleitern Lebensvoraussetzungen schaffen.

Vorstehende Hinweise reichen selbstverständlich noch nicht aus, um die angeschnittene Frage endgültig zu entscheiden. Auf eine systematische Einordnung dieses zweifellos den Bakterien am nächsten stehenden Lebewesens muß daher gleichfalls verzichtet werden. Sicher ist jedoch, daß es sich nicht um Blaualgen handelt. Einmal gibt es keine *Chroococcaceen* mit auch nur entfernt ähnlich geringer Gestalt-

härte, zum anderen fehlen offenbar alle Beziehungen zur Photosynthese. Die häufig wahrnehmbare und besonders in den unten besprochenen Abkochungskulturen (S. 54) deutliche, sehr blaß bläuliche bis bläulichgrüne gleichförmige Färbung der Protoplasten zeigt nur entfernte Ähnlichkeit mit bei Blaualgen vorkommenden Färbungen. Nach Untersuchungen in Japan (37, S. 259) sollen Prüfungen auf Phycocyan und Carotin negative Ergebnisse gehabt haben.

Kultur

Das physiologische Verhalten des „Rübezahlbrotes" unter Kulturbedingungen ist nicht weniger seltsam als das morphologische. Bisher kann dazu folgendes mitgeteilt werden: Infolge hygroskopischer Eigenschaften trocknen lebende Proben nur sehr langsam aus. Feucht gehalten behält TMM seine ursprünglichen Eigenschaften bei. Ursprünglich lose nebeneinander liegende schleimige oder auch gallertige Klumpen können dabei teilweise oder ganz verschmelzen und eine zusammenhängende ± zähe Masse bilden. Ein erkennbares Wachstum scheint jedoch nur unter vulkanaschereicher Erde stattzufinden, ein Befund, der noch näherer Prüfung bedarf. Trotz eingestellten „Wachstums" sind keinerlei Fäulnis- oder Zersetzungserscheinungen zu beobachten. Selbst im Versuch stark mit Schimmelpilzen und faulenden Algenmassen infiziertes Material bleibt fast unverändert und zeigt jedenfalls auch unter diesen Bedingungen wochenlang keine Fäulniserscheinungen. Daraus darf wohl geschlossen werden, daß zwischen TMM einerseits, Fäulniserregern und Schimmelpilzen, die sich auch auf der Oberfläche von TMM nicht entwickeln können, andererseits ausschliessende oder hemmende Wechselwirkungen (vgl. System *„Cyanidium-Pinnularia"*,34, S. 49) bestehen. Nur nach Zusatz von Hefeabkochung konnte auf der Oberfläche der Bestände ein sehr zarter Schimmelrasen entwickelt werden, der jedoch nicht zur Fruktifikation kam. Lagerfetzen verschiedener Blaualgen (*Symploca elegans, Hap. lam.* u. a.) aus Thermen, die im Zuchtglas einige Zentimeter hoch mit nassem TMM überschichtet wurden, halten sich trotz Luftabschluß wochenlang unverändert frisch grün. In dekantierten TMM-Abkochungen und in verschiedenen Nährlösungen und Wässern, die mit solchen versetzt und dann mit einer Mischung verschiedener Algen geimpft wurden, setzen sich nur einige Arten durch. Diese zeigen bei bestem Aussehen ein sehr geringes Wachstum, wobei eine *Protococcale* sichtlich bevorzugt wird, und keinerlei Neigung zu sonst in Kulturen häufigen Zersetzungserscheinungen. Auch auf lebende, feuchte TMM-Unterlage gesetzte Blaualgenhäute (Mischlager einer aerophytischen *Hapalosiphon* sp., *Hap. lam.* Häute, *Symploca elegans* u. a.) und eingepflanzte Moospolster werden binnen weniger Tage fest verankert. Die Moose vom ursprünglichen Standorte wachsen bei genügender Luftfeuchtigkeit gewöhnlich

gut weiter. Algen werden sehr frisch gehalten, scheinen aber ihr Wachstum so gut wie vollständig einzustellen. Die Lagerränder werden durch Mischung mit TMM-Schleim ± unscharf. Derartige, bisher kaum auswertbare „Symbiose-Versuche" werden z. Zt. noch fortgesetzt, da sie sonst schwer erfaßbare Aufschlüsse über das ökologische und physiologische Verhalten der Art versprechen.

Auf der ± höckerigen Oberfläche eines mäßig feuchten TMM-Bestandes liegende Gegenstände (Steinchen, Insektenpanzer, feste Holzstückchen usw.) werden von der Masse aktiv festgeheftet. Diese Festheftung unterbleibt bei trockenem, saugkräftigem Material (z. B. morschem Holz) vollständig.

Abkochungen, die für Kulturversuche mit verschiedenen Blaualgen hergestellt wurden, lassen sich infolge ihrer schleimigen Beschaffenheit nicht filtrieren und mußten daher dekantiert werden. Bei einer Prüfung der damit angesetzten Kulturen nach mehreren Tagen zeigten sich in dem Schleim offenbar völlig ungeschädigte TMM-Zellen und vor allem nackte Protoplasten, die durch ihre Größe und eine verhältnismäßig kräftige grünliche Färbung auffallen (Abb. 9D). Kontrollversuche erbrachten die Bestätigung, daß dieses Material offenbar eine Erhitzung auf den Siedepunkt (1000 m Meereshöhe) mindestens zehn Minuten lang aushält, ohne vollkommen abzusterben oder seine Lebensfähigkeit zu verlieren. Etwa 3 Tage nach der Abkochung treten in der schleimigen Flüssigkeit neben allen anderen Formen besonders die eben erwähnten, etwas größeren und nackten Protoplasten auf. Im Laufe von ein bis zwei Wochen entstehen am Grunde der Flüssigkeit wieder typische Schleimballungen, die alle erwähnten Formen enthalten. Die Struktur der gekochten Masse bleibt auch, besonders bei den fester gallertigen Beständen, bei halbstündiger Kochdauer fast unverändert. Das zehn Minuten lang gekochte Material weist im Reagenzglas ohne erkennbare Gasentwicklung nach etwa einer Woche einen spezifischen jauchigen Geruch auf, der im Laufe eines Monats wieder abnimmt, ohne sich völlig zu verlieren. Die Struktur der Lager bleibt dabei während dieser ganzen Zeit unverändert. Dekantierte Abkochungen bleiben geruchlos. Genauere Untersuchungen über die Wärmewiderstandsfähigkeit könnten vielleicht neue Gesichtspunkte zu den diesbezüglichen Arbeiten von Busse-Grawitz (1) an menschlichen und tierischen Geweben ergeben. Die Versuche werden fortgesetzt.

Grenzt

Wenn auch weitere Prüfungen auf den Lebenszustand der Zellen erforderlich sind, so ergibt sich doch schon jetzt, daß das „Rübezahlbrot" im Hinblick auf seine Lebensäußerungen, ökologischen Ansprüche, Formbildungen und Widerstandsfähigkeiten ein einzigartiges Verhalten zeigt.

	Hapalosiphon	TMM	Anmerkungen
Lebensraum:	Thermalgewässer	Vulkane	„urtümliche" Bedingungen, gemeinsam ist beiden eine stufenweise „Sporenbildung" (subzelluläre Lebenseinheiten ?)
Gestalthärte:	sehr gering und auf kleinstem Raume sehr vielgestaltig		
Stoffwechsel:	photosynthetisch, an chem. Unausgeglichenheiten gebunden	? vielleicht unter Voraussetzung vulkan. Aschen oder Verwitterungsprodukte	
Kultur:	bei ± völliger Wachstumseinstellung zählebig und ± fäulnisfest		„akuter" und „chronischer" Lebensvorgang.
Obere t-Grenze:	ca + 60°, durch andere „Faktoren" mitbestimmt.	> 90°	
Verbreitung:	kosmopolitisch	bisher nur aus Japan bekannt.	

Abb. 4: Vergleich zwischen *Hapalosiphon laminosum* und TMM.

F. Vergleichende Schlußbetrachtung.

Ein Vergleich zwischen *Hap. lam.* und TMM, wie ihn Tab. 4 zeigt, läßt erkennen, daß zwischen den verschiedenen Lebensäußerungen und Fähigkeiten beider offenbar enge, bisher wenig beachtete Beziehungen bestehen. Biologisch sind beide Arten vor allem insofern von allgemeinerer Bedeutung, als sie bei eigenartiger physiologisch-ökologischer Spezialisierung einerseits eine außerordentliche und offenbar durch Umweltbedingungen gesteuerte Formenwandelbarkeit und andererseits unverhältnismäßig hohe Widerstandskräfte gegen bestimmte „Faktoren" zeigen.

In vorstehenden Mitteilungen werden vorwiegend auf Grund eigener Beobachtungen die bisher sichtbaren Wege für die ökologische Auswertung der Blaualgen als Bewohner umraumfremder Quellen umrissen. Die geringe Gestalthärte mancher Arten bietet umso mehr Ansatzmöglichkeiten, je genauer die Gesetzmäßigkeiten bekannt sind, die bei der Bildung einzelner Zell-, Faden- und Lagerformen mitwirken. Am Beispiel von *Hap. lam.* läßt sich zeigen, daß die

Bildung mancher Formen sehr weitgehend von ganz bestimmten insbesondere auch von physikalischen Umwelteinflüssen abhängen kann. Beobachtungen über Hz, Zellteilungs- und Verzweigungsvorgänge lassen erkennen, daß Raumbedingungen die morphologische Gestaltung auch anderer Arten mitbestimmen. Damit stellen sich einerseits der Ökologie neue Aufgaben und andererseits werden manche morphologischen Merkmale der Systematik fragwürdig. Vielleicht ist sogar der Artbegriff bei den Ungeschlechtlichen überhaupt überholungsbedürftig. — Ein in verschiedener Hinsicht ähnliches Verhalten wie *Hap. lam.* zeigt TMM. Die vorläufig noch, eben seines abweichenden Verhaltens wegen, unklare systematische Stellung läßt es zweckmäßig erscheinen, dieses Material einstweilen als eine Sondergruppe, die wohl den Bakterien nahesteht, aber auch an Blaualgen erinnernde Eigenschaften zeigt, zu behandeln. Ferner wird durch den Vergleich der mehrfach im Schrifttum erörterte möglicherweise phylogenetisch altertümliche Charakter von *Hap. lam.* in gewissem Sinne bestätigt.

Karuizawa, den 8. September 1942.

Geochemische Untersuchungen an den Quellen von Masutomi.

S. Oana und K. Kuroda, Chem. Inst. Kaiserl. Univ. Tokyo.

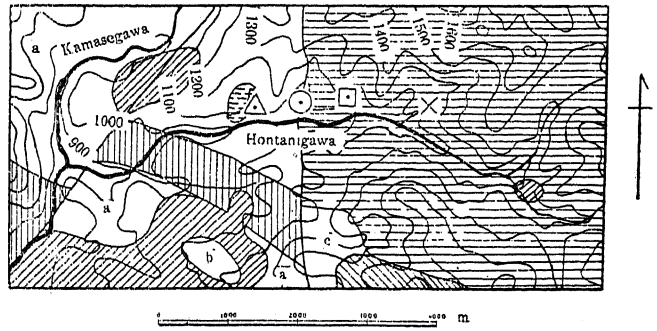
Einführung

Die Mineralquellen von Masutomi (増富), Yamanasi-ken, früher Kai-Provinz) sind seit **Ishizu's** Untersuchungen (7) im Jahre 1914 wegen ihrer ungewöhnlich großen Radioaktivität berühmt. **T. Nakai** führte im Oktober 1936 und im April 1937 weitere Radon- und Radiumbestimmungen aus (20). Seine Ergebnisse steigerten das Interesse an den Quellen erheblich. Im Juli 1939 nahmen wir die Untersuchungsarbeit in Masutomi auf und bereisten zu diesem Zwecke das Bad bisher viermal. Unsere Ergebnisse wurden z. T. bereits veröffentlicht (28). Nachstehend berichten wir nun über alle bisher an den Masutomi-Quellen erzielten geochemischen Ergebnisse. Obwohl Masutomi, dessen Name (増富) etwa soviel wie „wachsender Reichtum" bedeutet, neben Kusatu (Gumma-ken), Arima (Hyôgo-ken) und Beppu (Ôita-ken) zu den wertvollsten Heilbädern Japans gehört, hat es sich wider Erwarten nur wenig entwickelt und ist im Grunde ein armes Gebirgsdorf geblieben. Welche Hoffnungen man einst an die Quellwässer knüpfte, das zeigen schon die Namen der vier bescheidenen Hotels: „Bad des Goldbrunnens" (金泉湯 Kinsentô), „Bad des Silberbrunnens" (銀泉湯 Ginsentô), Hotel zum goldenen Hafen" (津金樓 Tuganerô) und „Hotel zur ewigen Jugend" (不老閣 Hurôkaku). Daß der erwünschte Aufstieg ausblieb, hat seinen entscheidenden Grund in verkehrstechnischen Hindernissen.

Lage

In etwa dreieinhalbstündiger Bahnfahrt ist von Tokyo aus auf der Strecke Sinjuku — Nagano der Bahnhof Nirasaki zu erreichen. Dieser Ort liegt am NW-Rande des Kôhu-Beckens. Von hier aus führt eine regelmäßige Autobusverbindung in anfangs nördlicher und bald nach NW abbiegender Richtung den Fluß Siokawa aufwärts, der als Huzigawa in der Bucht von Surugawan in den Stillen Ozean mündet. Nach einer Fahrt von etwa 20 km wird der Ort Siokawa erreicht, der am Zusammenfluß zweier etwa gleichgroßer Flüsse, Hontanigawa und Kamasegawa, die zusammen den Siokawa bilden, liegt. Der weitere Weg, der zu Fuß oder zu Pferde zurückgelegt werden muß, folgt flußaufwärts dem Laufe des Hontanigawa, der tief in dunkle Tonschiefer eingeschnitten ist. Wenig mehr als 3 km von Siokawa entfernt erweitert und verflacht sich das bis dahin dicht bewaldete und enge Gebirgstal zu einer hügeligen und großenteils entwaldeten Siedlungslandschaft.

Abbildung 1. Geologischer Plan von Masutomi.



Erklärung zu Abb. 1.

- Grobkörniger Granit
- Granitporphyr
- Tuffbreccie
- Tuffbreccie aus zwei Arten des Pyroxenandesits
- Tonschiefer
- a, b, c — a, Sandstein; b, Hornblendedacit; c, Porphyrischer Granit
- Gruppe A
- Gruppe B
- Gruppe C
- Gruppe D
- Gruppe E

Die gleichen Zeichen werden auch in den anderen Abbildungen gebraucht

Abbildung 2. Lageskizze der Quellen.

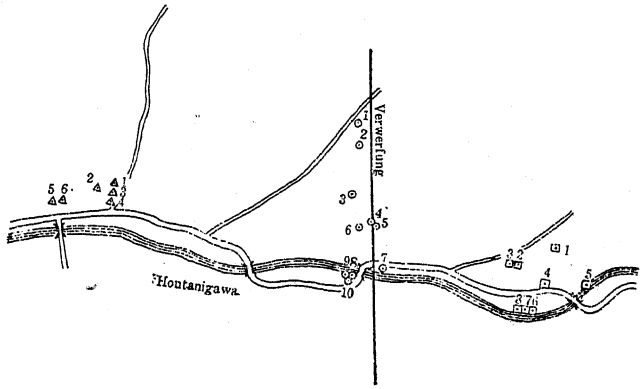


Tabelle 1. Übersicht über die Quellen von Masutomi.

Gr.	Name	Anmerkungen	Bad
A_1	Kinsentô		+
A_2	Tuganerô No. 1		+
A_3	Tuganerô No. 2		+
A_4	Totikubo No. 1	entspringt aus einer Spalte in fossilem Kalksinter	−
A_5	Hiuke-sui	entspringt unmittelbar aus einer Spalte im Granit	−
A_6		nahe am rechten Hontanigawa-Ufer am Fuß fossiler Sinterterrassen. Dieser Austritt wurde im Jahre 1942 zum ersten Male beobachtet. In unmittelbarer Nähe flußabwärts entspringen zwei weitere kleine Quellen (A_7 und A_8)	−
B_1	Nibuzawa	Dieses Mineralwasser wurde früher abgefüllt und verhandelt. Die Schüttungsmenge betrug 2.5 l/Min. (10. Juli 1939)	−
B_2	Sio-no-sawa-tugane-yu		−
B_3	Gantô-hunsen		−
B_4	Kuridaira No. 1		+
B_5	Kuridaira-tennen-buro		+
B_6	Kuridaira No. 3		−
B_7	Higasiobi-no-izumi	seit langem bekannte Quelle in alter brunnenartiger Staufassung: Die Schüttungsmenge betrug: 1.41 l/Min. (8. Juli 1939); 1.85 " (18. Okt. 1940); 2.16 " (20. Mai 1942)	
B_8	Wadegawara No. 1		−
B_9	Wadegawara No. 2		−
		B_8, B_9 und B_{10} befinden sich im Hochwasserbett des	−
		Flusses, und sind nicht mehr als 1 m von einander	−
B_{10}		entfernt	−
C_1	Ginsentô-kami-no-yu		+
C_2	Ginsentôhuru-yu	früher	+, −
C_3	Ginsentô-naka-no-yu		+
C_4	Ginsentô-simo-no-yu	kalt und deshalb als besonders schmackhaft beliebt	−
C_5	Osiba		−
C_6			−
D_1 bis D_2		entspringen aus Spalten im Flußbette des Yuzawa, das aus nacktem festem Granit besteht	−
E_1	Wada-matuba-kôsen	dicht an Kamasegawa	+
E_2	Siozawa-kuromori-kôsen		+
W_1		Flußwasser aus Hontanigawa bei A.	
W_2		Flußwasser aus Kamasegawa bei E.	

Erklärung zu Tabelle 1.

Gr. = Gruppenbenennung der Quelle.
Name = Quellbezeichnungen, die z. T. volkstümlicher Herkunft sind und von Nakai gebraucht wurden.
Bad = Auswertung der Quelle für Bad (+) oder Quelle unbenutzt (−).

Hier liegt, auf über einen Kilometer Flußstrecke hingezogen, das Gebirgsdorf und Bad Masutomi, das kaum zehn kleinbäuerliche Anwesen und die genannten vier bescheidenen Hotels umfaßt. Die Meereshöhe beträgt etwa 1080 m. Aus der reizvollen, hellen Lanschaft unter mildem Gebirgsklima bieten sich eindrucksvolle Fernblicke bis zu den südlich vorgelagerten Südalpen.

Quellgruppen geologisch

Die Masutomi-Quellen entspringen im Hontanigawa-Tale an den Ufern des gleichnamigen Flusses. In den Abb. 1 und 2 findet man eine Verwerfung, die den Fluß Hontanigawa senkrecht schneidend von Norden nach Süden verläuft. Östlich dieser Verwerfung steht Granit an und westlich Sandstein. Diejenigen Quellen, die nahe der Verwerfung aus Granit entspringen, haben wir zur Gruppe A, diejenigen, die in größerer Entfernung von der Verwerfung längs des Yuzawa, eines Nebenflusses des Hontanigawa, zu Tage treten, zur Gruppe D zusammengefaßt. Aus der Verwerfung selbst brechen in der Nachbarschaft des Hontanigawa mehrere Quellen hervor, die wir als Gruppe B bezeichnen. Die Sandsteinschicht, die die westliche Seite der Verwerfung bildet, enthält eine Quellgruppe die mit C bezeichnet wird. Im Tale des Kamasegawa, eines Flusses, der sich bei Siokawa mit dem Hontanigawa vereinigt, treten zwei Quellen zu Tage, die als Gruppe E aufgeführt werden. Eine Übersicht über alle genannten Quellen vermittelt Tabelle 1.

Physikalische und chemische Eigenschaften der Quellwässer.

Alle neueren Bestimmungen an den Masutomi-Quellen sind in Tab. 2 enthalten.

tA

1. **Austrittstemperatur.** Die aus der Tabelle 2 zu entnehmenden kleinen Schwankungen haben praktisch wenig Bedeutung, weil einerseits selbst innerhalb einer Quelle gewisse räumliche Temperaturunterschiede auftreten können und weil andererseits nicht geeichte Quecksilberthermometer zur Messung gebraucht wurden.

pH

2. **pH.** Bemerkenswert ist die überaus geringe Veränderlichkeit der pH-Werte. Die pH-Bestimmung wurde stets in der Nähe der Quelle an quellfrischen Proben kolorimetrisch vorgenommen. Wegen der gelösten Kohlensäure reagieren die Wässer schwach sauer. Wenn man die Wasserprobe stark schüttelt, so entweicht die Kohlensäure zum Teil und damit erhöht sich der pH-Wert ±. Bei Quelle B_7 steigt der pH-Wert z. B. von 6.3 bei quellfrischer Probe nach kräftigem Schütteln auf 6.7.

Analysen

3. **Hauptbestandteile.** Chemische Analysen der Hauptbestandteile einiger Masutomi-Wässer wurden von **Ishizu** und seinen Mitarbeitern durchgeführt. Das Analysenergebnis von der Quelle B_1 bringt Tabelle 3.

Tabelle 3.

Ionentabelle der Quelle B_1, g/l

Kationen	
K^+	0.13861
Na^+	2.45086
NH_4^+	0.00107
Ca^{++}	0.23843
Mg^{++}	0.02100
Fe^{++}	0.00141
Anionen	
Cl^-	3.16877
SO_4^{--}	0.47317
HOC_3^-	1.48800
HBO_2	0.17028
H_2SiO_3	0.16880
Freie Kohlensäure	0.26617
Abdampfrückstand	ca.7.41

Wir bestimmten Cl^{-1} $So^{--}{}_4$ und Gesamtkohlensäure nach den oben (S. 12) beschriebenen Methoden.

4. **Abdampfrückstand.** 50 ccm jeder Wasserprobe wurden in einer Platinschale im Wasserbade abgedampft. Dieser Abdampfrückstand wurde weiter im elektrischen Thermostaten bei 120° C. bis zum konstanten Gewicht getrocknet und gewogen. Die Zahlen sind jedoch nicht sehr genau, weil die Wasserproben nach der Entnahme monatelang in Glasflaschen aufbewahrt wurden und in dieser Zeit erkennbare Niederschläge ausgeschieden haben. Die Größe des Fehlers kann nicht einwandfrei bestimmt werden.

Ra 5. **Radon.** Für die Bestimmung von Radium wurde der im Jahre 1936 und 1937 von **Nakai** benutzte Apparat verwendet. Radium wurde nach der Radon Methode mit Hilfe des Präzisionselektroskops von Riken (Physikalisch-chemisches Institut in Tokyo) gemessen. Die Analysenmethode ist ausführlich in der Mitteilung von **Nakai** beschrieben. Ein kleiner Unterschied besteht jedoch darin, daß wir die im Untersuchungswasser entstandenen Niederschläge mit Natriumkarbonat schmolzen und dann in Salzsäure lösten und diese Lösung zusammen mit dem Quellwasser in eine Curie-Flasche einschmolzen, während **Nakai** das Quellwasser und die Niederschläge in zwei Curie-Flaschen getrennt einnahm.

Rn 6. **Radium.** Den Radongehalt der Quellwässer maßen wir mittels EM-Fontaktoskops an der Quelle selbst. Wenn das Quellwasser große Mengen Radon enthielt, wurde die Probe mit destilliertem, radonfreiem Wasser so verdünnt, daß die Konzentration des Radons etwa 40×10^{-10} Curie/l betrug.

Es ist selbstverständlich, daß der Radongehalt eines Quellwassers durch etwaige Niederschläge ± verändert werden kann. Die in

der Tabelle 10 für die Quellen A_8, B_9 und C_4 erkennbaren großen Schwankungen des Radongehaltes überschreiten jedoch den Umfang so verursachter Veränderungen weitaus. In nächster Umgebung genannter drei Quellen liegt eine Anzahl weiterer Austritte. Wenn man aus den Radongehalten und Schüttungsmengen aller benachbarten Quellen die gesamte Radon-Förderung in der Zeiteinheit berechnet, so dürfte unseres Erachtens dieser Wert immer annähernd konstant bleiben.

7. **Schweres Wasser.** Wir bestimmten die Dichteunterschiede Δd zwischen vollständig gereinigten Quellwässern und dem in gleicher Weise gereinigten Standard-Leitungswasser der Stadt Tokyo mittels Schwimmermethode.

8. **Vanadium, Chrom und Molybdän.** Der Vanadium-, Chrom- und V, Cr, Mo Molybdän-Gehalt der Quellen A_2 und B_7 wurde mit der Sandell'schen kolorimetrischen Methode bestimmt. In beiden Proben (Tab. 2) wurden ungefähr 50γ Vanadium pro 1 l Wasser nachgewiesen, während Cr und Mo noch nicht einmal in Spuren zu finden waren. Wenn die Analysenresultate der genannten Elemente bei vielen bisher untersuchten Wässern statistisch betrachtet werden, so kommen wir zum Schlusse, daß Vanadium und Chrom in mineralsauren Quellwässern höhere Konzentrationen aufweisen, während sie in nicht sauren Wässern gewöhnlich nur in geringsten Mengen vorkommen. Die Mineralquellen von Masutomi gehören zu den vanadium-, chrom- und molybdän-armen Mineralquellen, wie man aus Tabelle 4 ersieht.

Tabelle 4. Vanadium-, Chrom- und Molybdän-Gehalt der Quellwässer von Masutomi.

	mg/l			% des Abdampfrückstandes		
	V	Cr	Mo	V	Cr	Mo
Durchschnittswerte von 32 japanischen Quellwasserproben	0.122	0.011	0.0025	0.0055	0.00045	0.000029
A_2 und B_7	0.05	0.00	0.000	0.0006	0.0000	0.00000

Nach der kürzlichen Revision **K. Kimura's** betragen die Clarke'schen Zahlen für Cr. 0.02, für V 0.015 und für Mo 1.3×10^{-3}. Danach liegt also der Gehalt der Quellwässer von Masutomi an diesen Elementen beträchtlich niedriger als ihre Clarke'sche Zahl.

9. **Kupfer, Blei und Zink.** Nur in Spuren auftretende Schwer- Cu, Pb, Zn metalle werden nach der polarographischen Methode bestimmt. Die Mengen von Kupfer, Blei, Zink und verschiedenen anderen Schwermetallen in Quellwässern sind meistens sehr gering. Nach der polarographischen Methode können wir daher diese Elemente nicht unmittelbar genau so bestimmen, wie dies für die Alkalimetalle mittels der Majer'schen polarographischen Methode geschehen kann. Vielmehr

ist stets das Extraktions- und Konzentrierungsverfahren auf der Basis von Diphenylthiocarbazon (Dithizon) erforderlich. Nach diesem Verfahren wurden zusammen 19 Wasserproben vom Oktober 1936 und vom Juli 1939 bearbeitet. Kupfer und Blei waren nicht mit Sicherheit nachzuweisen. Wir müssen daraus folgern, daß der Gehalt an Kupfer und Blei in den untersuchten Proben aus Masutomi — wie überhaupt in Quellwässern — unter 50γ/l liegt. Daß jedoch ausnahmsweise auch ein höherer Kupfergehalt vorkommen kann, zeigten unsere Untersuchungen einer in der weiteren Umgebung von Masutomi am Ufer des Kitanogawa (nahe dem Mizukaki-Berge) entspringenden Mineralquelle. In ihrer Schüttung wiesen wir mittels der Dithizon-Methode einen ungefähren Kupfergehalt von 100γ/l nach.

Tabelle 5. Zink-Gehalt der Quellwässer von Masutomi.
(In Klammern Bestimmungen vom Okt. 40.)

Zeit		Gr	γ/l	% des Abdampfrückstandes
Okt. 36	.....	A_1	80	0.0011
"	.....	A_2	26	0.0003
"	.....	B_3	35	0.0012
"	.....	B_4	215	0.0060
"	.....	B_7	39	0.0004
"	.....	B_9	64	0.0009
"	.....	C_2	80	0.0008
"	.....	C_3	78	0.0008
Juli 39	.....	D_1	224 (102)	0.10
"	.....	D_2	88	0.025
"	.....	D_3	164	0.060
"	.....	D_4	102	0.051
"	.....	D_5	126	0.11
"	.....	D_6	80	0.021
"	.....	D_7	102 (40)	0.0065
"	.....	D_8	60	0.0036
"	.....	D_9	64	0.0042
Okt. 36	.....	E_1	113	0.0008

Dagegen ergaben alle Proben aus Masutomi schöne polarographische Zink-„Stufen", die quantitative Bestimmungen ermöglichten (Tab. 5). Für die Bearbeitung der Proben vom Oktober 1940 wurde folgende Grundlösung benutzt: a/10-Ammoniumacetat, n/40-Kaliumrhodanid, pH 4.6.

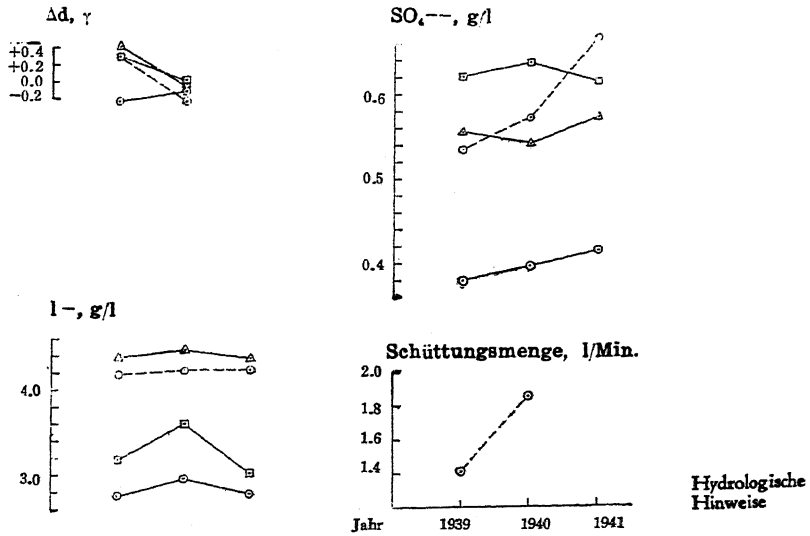
Erörterung der Ergebnisse.

Chemismus

(1) **Langfristige Konzentrationsveränderungen einiger Elemente:** Unsere Beobachtungen in den letzten 3 bis 4 Jahren führen uns zu der Auffassung, daß sich chemische Eigenschaften der Quellschüttungen keineswegs unabhängig von einander sondern vielmehr in klar aus-

geprägten wechselseitigen Abhängigkeiten — und zwar sowohl hinsichtlich der einzelnen Elemente wie auch hinsichtlich der einzelnen Quellen und Quellgruppen — verändern. Für die Jahre 1939 bis 1941 zeigt Abb. 3 für die einzelnen Quellgruppen ermittelte Durchschnittswerte des Chlor- und Sulfat-Gehalts sowie des Dichtewertes und daneben — mit unterbrochenen Linien — die entsprechenden Werte sowie die festgestellten Schüttungsmengen der Quelle B_7.

Abb. 3.



Hydrologische Hinweise

Die Schüttungsmenge von B_7 stieg vom Juli 1939 bis zum Oktober 1940 um 31% an. Im gleichen Zeitraume fiel der Dichtewert ab. Der Dichtewert aller Quellwässer von Masutomi ist stets größer als der des Flußwassers. Die in dieser Gegend aus der Tiefe emporsteigenden Schüttungen enthalten größere Anteile schweren Wassers als die dortigen Oberflächengewässer. Der als Träger der Wärme und der Kohlensäure vermutlich aus größter Tiefe stammende Schüttungsanteil darf mengenmäßig als konstant angesehen werden. Danach ist die Beimischung von Wässern aus geringeren Tiefen im Oktober 1940 wahrscheinlich größer als im Juli 1939. Die Niederschlagssumme für Juli 1939 ist größer als die für Oktober 1940. Dahingegen ist die Schüttungsmenge von B_7 im Oktober 1940 größer als im Juli 1939. Dieser scheinbare Widerspruch beruht darauf, daß die Wirkungen von Niederschlägen auf eine Quelle eine mehr oder weniger

große Verzögerung erleiden. Denn das Niederschlagswasser benötigt eben eine gewisse Zeit, um in die Tiefe zu sinken und sich dort dem Quellstrome beizumischen, mit dem es dann wieder an der Oberfläche erscheint.

Der Gehalt der Quellwässer an Chlor und Sulfat nimmt vom Juli 1939 bis zum Oktober 1940 mit Ausnahme der Gruppe C zu. Vom Oktober 1940 bis zum Oktober 1941 nimmt der Sulfat-Gehalt zu, während der Chlor-Gehalt im gleichen Zeitraume abnimmt. Die einzige Ausnahme bildet dabei die Gruppe A. Daß der zeitliche Verlauf des Chlor- und Sulfat-Gehaltes übereinstimmende oder entgegengesetzte Neigungen zeigen kann, deutet wieder Verzögerungen und Unterschiede in der Herkunft der beiden Bestandteile in Quellwässern an.

Schwabe versucht diesen scheinbaren Widerspruch etwa folgendermaßen zu erklären:

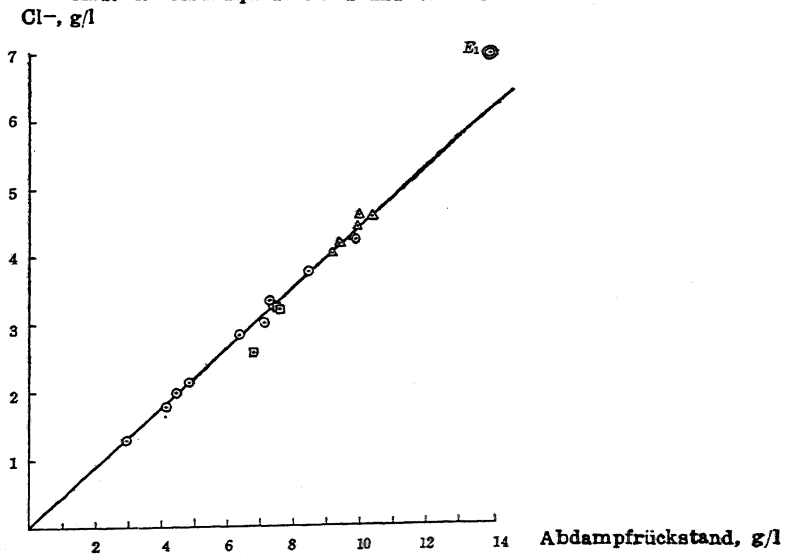
„Reihenbeobachtungen über quantitative Veränderungen einzelner physikalischer und chemischer Faktoren einer Quelle oder einer Quellgruppe führen erfahrungsgemäß häufig zu scheinbar widersprechenden Ergebnissen. Ein solcher hydrologisch aufschlußreicher Fall liegt hier vor. Die von den Verfassern festgestellten quantitativen Veränderungen des Dichtewerts und der Gehalte an Chlor und Sulfat sind zweifellos letzten Endes auf Niederschlagswirkungen zurückzuführen. Daß diese Veränderungen nicht gleichsinnig zu verlaufen scheinen, kann nur im hydrologischen Charakter des Quellgebiets und im Quellmechanismus selbst begründet sein. In Kürze ist dazu folgendes zu erwägen:

Niederschläge 1. Daß sich Niederschlagswirkungen auf einzelne Faktoren einer Quellschüttung nicht gleichzeitig und nicht im gleichen Maße auswirken, ist durch Beobachtungen mehrfach bestätigt. Ein theoretisch einfaches, in Chile beobachtetes Beispiel, über das demnächst ausführlicher berichtet werden soll, bieten die Thermen von Puyehue (Provinz Osorno). Im Boden absinkendes Niederschlagswasser dringt hier in verhältnismäßig großer Tiefe in den thermalen Quellstrom ein. Dieser Quellstrom durchquert in vielfach verzweigtem Gerinne, also weiträumig, ein Trümmergestein. Im Austritt ist daraufhin anfangs eine Steigerung der Schüttungsmenge bei gleichbleibender oder u. U. gar ansteigender Temperatur und unveränderten pH- und Alkalitätswerten zu beobachten. Wahrscheinlich treten in diesem ersten Stadium auch keine nennenswerten chemischen Änderungen ein, weil das in der Tiefe zudringende Fremdwasser zuerst nur druckerhöhend auf den Quellstrom wirkt und das im klüftigen Gestein befindliche Thermalwasser in den aufsteigenden Strom hineindrängt. Erst später machen sich, meist mit absinkender Temperatur verbunden, Vermischungserscheinungen beider Wässer durch chemische Veränderungen der Schüttung bemerkbar.

Wenn somit erfahrungsgemäß und theoretisch wohl begründet die Wirkungsverzögerungen für einzelne Schüttungsfaktoren verschieden sind, ist es kaum möglich aus zahlenmäßig kleinen Serien ein klares Bild vom einzelnen Quellmechanismus zu gewinnen. Vor allem bleibt, wenn die zeitlichen Abstände der Beobachtungstermine größer sind, verborgen, welche Veränderungen der einzelne Faktor zwischen diesen Terminen durchläuft.

2. Unter Beachtung vorstehender Verhältnisse könnte man in hydrologischer Hinsicht die Befunde der Verfasser etwa folgendermaßen deuten: Absinkendes Niederschlagswasser verdrängt in größerer Tiefe aus einem verzweigten Spaltensystem das dort befindliche Quellstromwasser. Durch Druckerhöhung steigt die Schütttungsmenge, ohne daß chemische Veränderungen eintreten. Sodann mischt sich in der gleichen Zone dem Quellstrome das Fremdwasser bei, nachdem es aus Quellstromwasser stammendes und vielleicht adsorptiv an das Gestein gebundenes Chlor in sich aufgenommen hat. (Man muß ferner u. U. auch an eine Chloranreicherung infolge Verdampfung denken, der im klüftigen oder spaltenreichen Gestein längere Zeit ruhendes Quellwasser ausgesetzt sein kann). Eine unter solchen Umständen stattfindende Mischung hat zur Folge, daß sich der Dichtewert der Schüttung stärker verringert als der Chlor-Gehalt. Wenn nun letzterer sogar eine gewisse Erhöhung zeigt, so ist zu beachten, daß infolge erhöhten Druckes im Quellstrom

Abb. 4. Abdampfrückstand und Chlor-Gehalt im Okt. 1941.

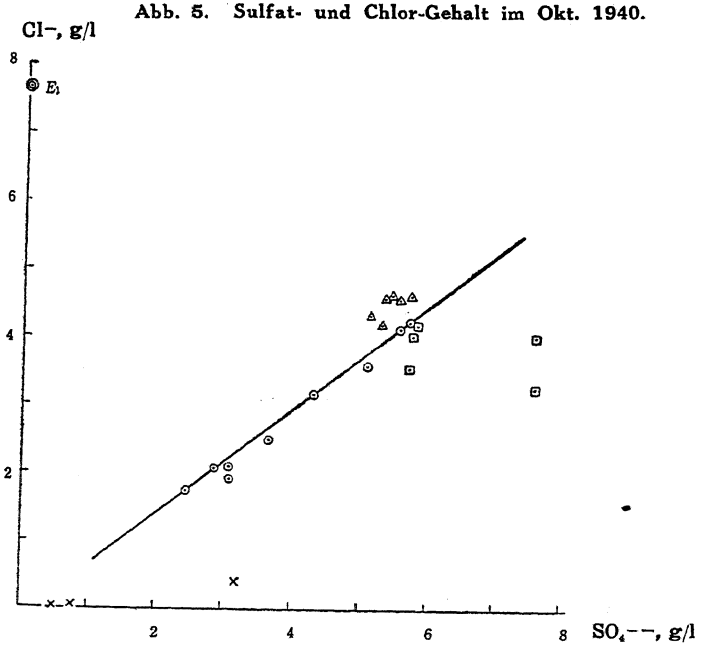


(größere Schüttungsmenge) sonst in geringerer Tiefe zudringendes Fremdwasser nunmehr weitgehend ausgeschaltet wird."

Ionen-beziehungen

2. **Beziehungen zwischen den Gehalten an verschiedenen Elementen.** Die Parallelität zwischen Chlor-Gehalt und Abdampfrückstand leuchtet in Abb. 4 unmittelbar ein. Dabei ist zu beachten, daß ,wie bereits erwähnt wurde, die Werte für den Abdampfrückstand keinen Anspruch auf hohe Genauigkeit erheben können. Wie sich jedoch trotzdem ergibt, kann in Masutomi der Chlor-Gehalt als ein Maßstab für die Gesamtkonzentration des Quellwassers betrachtet werden.

Abb. 5. Sulfat- und Chlor-Gehalt im Okt. 1940.

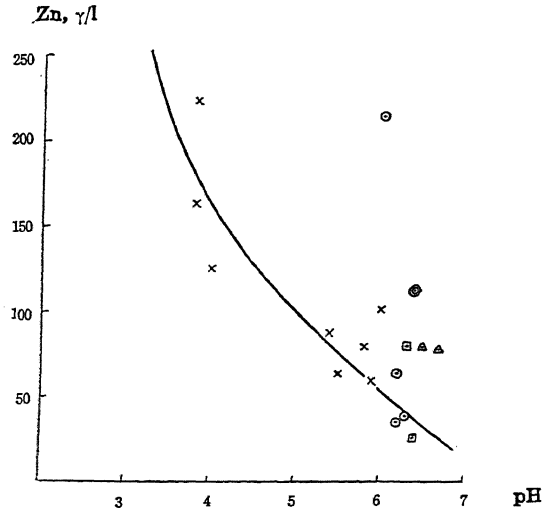


Auch zwischen Chlor- und Sulfat-Gehalt besteht, wie Abb. 5 belegt, eine geradlinige, wenn auch nicht so streng ausgeprägte Proportion. Am weitesten weichen die Gruppen A und D durch ihren im Vergleich mit dem Chlor-Gehalte unverhältnismäßig hohen Sulfat-Gehalt vom durchschnittlichen Werte der Proportion ab. Man muß daraus schließen, daß wenigstens ein Teil des Sulfat-Gehaltes anderen Ursprungs ist als der Chlor-Gehalt. Nur so wird verständlich, warum die verhältnismäßig chlorreiche Schüttung von E_1 fast kein Sulfat enthält.

Der Zink-Gehalt nimmt in Masutomi im allgemeinen mit fallendem pH der Schüttung zu. Die Abweichungen von dieser Regel können, wie

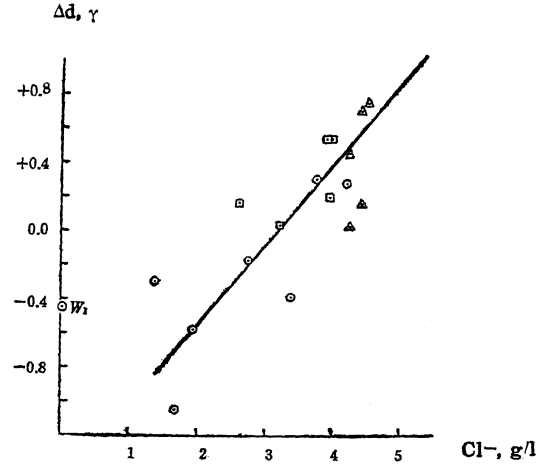
Abb. 6 zeigt, ziemlich große Ausmaße erreichen. Durch unverhältnismäßig hohen Zink-Gehalt fällt die Gruppe D auf. Während bei den anderen Gruppen der Sulfat-Gehalt 0% bis 9,1% des Abdampfrückstandes beträgt, enthalten die Schüttungen der Gruppe D 13% bis 22%. Daraus muß geschlossen werden, daß zwischen der Herkunft des Sulfats und der des Zinks ursächliche Zusammenhänge bestehen oder daß sogar beide gleicher Herkunft sind. Es besteht durchaus die Möglichkeit, daß in dieser Gegend in verhältnismäßig geringer Tiefe schwefel- und zinkhaltige Erze vorkommen. Durch Nachweis solcher Erze wäre unsere Annahme leicht zu bestätigen.

Abb. 6. pH-Wert und Zink-Gehalt.



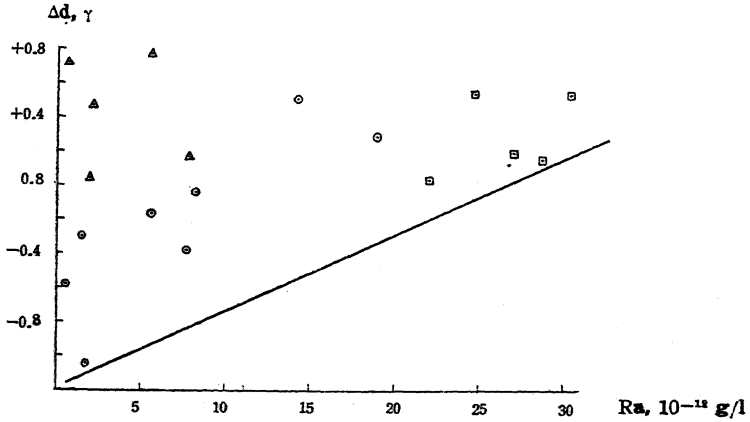
Zwischen Chlor- und Radiumgehalt einerseits und den Dichtewerten der Quellwässer andererseits bestehen, wie die Abb. 7 und 8 erkennen lassen, gerade Proportionen. Deshalb muß auch zwischen den Gehalten an Chlor und Radium (Tab. 6) ein entsprechendes Verhältnis bestehen. Wie Abb. 9 zeigt, ist diese Proportion jeweils nur innerhalb der einzelnen Quellgruppe nachzuweisen. Man muß sich stets vor Augen halten, daß die absoluten Mengen des Radiums im Quellwasser — vor allem auch im Vergleich mit den anderen bearbeiteten Bestandteilen — außerordentlich gering sind. Infolgedessen müssen sich gerade auf den Radiumgehalt jene Faktorenkomplexe verhältnismäßig sehr stark auswirken, die den chemischen Charakter eines Quellwassers vorzüglich bestimmen: 1. Die ursprünglichen chemischen und physikalischen Eigenschaften des

Abb. 7. Chlor-Gehalt und Dichteunterschied im Juli 1939.



„Tiefenwassers", zu denen zweifellos der Radiumgehalt gehört und 2. die chemischen und physikalischen Eigenschaften der vom Quellstrom durchquerten Schichten, die den ursprünglichen Charakter des Wassers abwandeln. Diese Überlegung erklärt, warum gerade beim mengenmäßig so geringen Radiumgehalt örtlich bedingte und damit für die einzelnen Quellgruppen eigentümliche Abwandlungen sichtbar werden müssen.

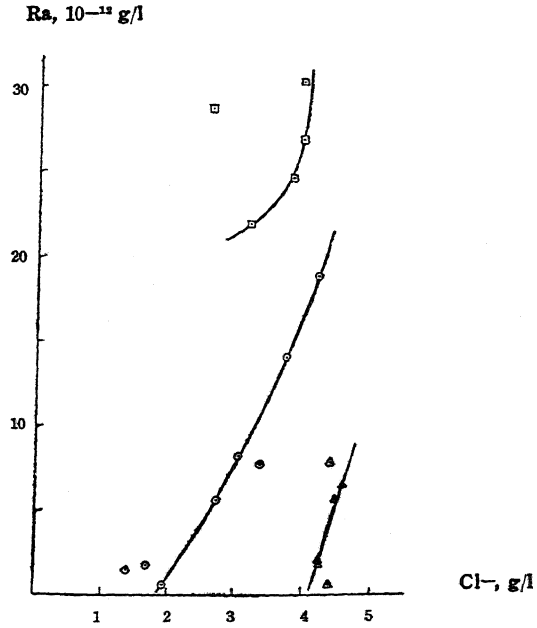
Abb. 8. Radiumgehalt und Dichteunterschied im Juli 1939.



In gleicher Weise ist der aus Abb. 8 ersichtliche Sachverhalt zu deuten. Es zeigt sich hier, daß ein höherer Radiumgehalt einen

höheren Dichtewert des Wassers voraussetzt, während umgekehrt der Dichtewert allein noch keinen Anhaltspunkt für den tatsächlichen Radiumgehalt bietet. Diese einseitige Abhängigkeit ist widerspruchsfrei zu erklären, sofern man annimmt, daß die Herkunft beider Faktoren im „Tiefenwasser" liegt. Auf dem Wege zum Austritte wird durch örtliche Bedingungen der Radiumgehalt in verschiedenem Ausmaße vermindert, wohingegen der Dichtewert keine derartigen Veränderungen erleidet. Auch das Chlor im Quellwasser dürfte überwiegend aus dem „Tiefenwasser" stammen.

Abb. 9. Chlor- und Radium-Gehalt im Juli 1939.



Quellgruppen geochemisch

Aus den vorstehenden Mitteilungen ergibt sich, daß die eingangs nach geologischen Gesichtspunkten geordneten Quellgruppen in mehr oder weniger von einander abweichenden chemischen und physikalischen Eigenschaften der Schüttungen ihre Bestätigung finden. Um diese Verhältnisse anschaulich darzustellen, haben wir in Tabelle 7 für die Gruppen A, B, C, D und E Durchschnittswerte und Extremwerte angeführt. Natürlich hat jeder einzelne Faktor für jede Quelle einen anderen Wert, der sich im Laufe der Zeit mehr oder weniger stark ändert. Trotzdem aber ist Tabelle 7 geeignet, die Quellgruppen miteinander zu

Tabelle 6. Radiumgehalt der Quellwässer von Masutomi.

	Okt. 1936 (Apr. 1937)		Juli 1939	
	10^{-12} g/l	10^{-12} g Ra/g	19^{-12} g/l	10^{-12} g Ra/g
			Abdampfrückst.	Abdampfrückst.
A_1	29.30	3.91	21.97	2.64
A_2	29.30	3.91	21.97	2.64
A_3	29.39	3.27	30.31	3.14
A_4	32.62	3.46	26.95	8.78
A_5	(39.16)	—	28.71	7.09
B_1	6.22	0.86	7.73	0.48
B_2	2.46	0.27	0.58	0.13
B_3	2.46	0.84	1.74	1.74
B_4	0.77	0.21	1.46	9.39
B_5	26.01	3.04	14.06	1.57
B_6	6.56	0.86	5.56	0.83
B_7	35.65	3.68	18.89	1.86
B_8	6.76	2.05	8.20	1.46
B_9	11.62	1.63	8.20	1.12
B_{10}	—	—	5.58	0.06
C_1	7.35	0.76	5.68	—
C_2	9.39	0.91	6.50	0.58
C_3	0.43	0.05	0.58	0.06
C_4	3.42	0.35	2.05	0.18
C_5	2.68	0.28	1.93	—
C_6	—	—	7.83	0.77
D_1	—	—	0.46	2.1
D_2	(0.00)	—	0.46	1.3
D_3	(0.00)	—	< 0.5	—
D_4	(1.76)	—	< 0.5	—
D_5	—	—	< 0.5	—
D_6	—	—	< 0.5	—
D_7	(71.81)	—	1.74	1.10
D_8	—	—	1.22	0.73
D_9	—	—	< 0.5	—
D_{10}	—	—	0.58	0.19
D_{11}	—	—	1.04	0.28
D_{12}	—	—	1.33	3.24
E_1	82.66	6.19	84.36	5.60
E_2	11.57	2.60	—	—

Tabelle 7. Gruppen-Durchschnitts- und Extremdaten der Quellschüttungen von Masutomi im Oktober 1940.

Quellgruppe	A	B	C	D	E
Austrittstemperatur, °C.	30.6 (13.5 – 32.3)	21.1 (16.5 – 25.0)	24.0 (19.4 – 31.3)	16.0 (11.2 – 18.0)	12.5
pH-Wert	6.3 (6.0 – 6.5)	6.2 (5.9 – 6.6)	6.6 (6.4 – 6.9)	5.6 (3.8 – 5.6)	6.5
Abdampfrückstand, g/l (1939)	7.60 (3.07 – 9.66)	7.07 (3.72 – 16.20)	10.82 (10.15 – 11.33)	0.99 (0.11 – 3.70)	15.06
Chlor, g/l	3.896 (3.289 – 4.207)	3.014 (1.742 – 4.236)	4.482 (4.198 – 4.626)	0.209 (0.019 – 0.399)	7.656
% des Abdampfrückstands	51.2	42.6	41.0	21.1	50.8
Sulfat, g/l	0.623 (9.572 – 0.759)	0.410 (0.288 – 0.571)	0.542 (0.514 – 0.572)	0.186 (0.048 – 0.320)	0.003
% des Abdampfrückstands	8.2	5.8	5.0	18.8	0.0
Gesamtkohlensäure, g/l	1.441 (0.756 – 1.934)	1.245 (0.022 – 1.767)	1.017 (0.527 – 1.577)	0.595 (0.019 – 1.089)	2.615
Radium, 10^{-12} g/l (1939)	26.0 (21.97 – 30.31)	9.4 (0.58 – 18.89)	4.1 (0.58 – 7.83)	1.1 (<0.5 – 1.74)	84.86
10^{-12}g Ra/g Abdampfrückstand	3.42	1.33	0.38	1.11	5.60
Radon, 10^{-10} Curie/l	11.4 (5.2 – 15.4)	1692. (17.4 – 4.370)	625. (62.2 – 1550)	9.9 (0.6 – 12.7)	12.7
Zink, γ/l (1936 und 1939)	53 (26 – 80)	88 (35 – 215)	79 (78 – 80)	91 (60 – 224)	113
% des Abdampfrückstands	0.0007	0.0015	0.0008	0.0092	0.0008
Dichtewert, γ	+0.0³ (−0.8°∼+0.4°)	−0.1° (−0.3°∼−0.2°)	+0.0° (−0.5°∼+0.3°)	–	+0.34

vergleichen. Für die Berechnung der Durchschnittswerte benutzten wir Bestimmungsergebnisse von den Quellen, A_1, A_2, A_3, A_4, B_4, B_5, B_6, B_7, B_8, B_9, C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, D_6, D_7 und E_1 im Oktober 1940, weil diejenigen der anderen Quellen nicht vollzählig sind. Für die angegebenen Extremwerte gilt diese Beschränkung nicht. Für Radium und Abdampfrückstand legten wir Werte vom Juli 1939 zu Grunde und für Zink Werte vom Oktober 1936 und vom Juli 1939. Da es sich hier lediglich um einen vergleichenden Überblick handelt, dürften als Unterlagen zu verschiedenen Zeiten gewonnene Werte zulässig sein, zumal deren verhältnismäßig geringe Schwankungsbreite aus Tabelle 2 hervorgeht.

Ra, Rn

Durch Radium- und Radongehalt unterscheiden sich die einzelnen Quellgruppen besonders scharf von einander. Die größten Radiummengen finden sich in den Gruppen E und A, während die Gruppen B und C bei weitem am radonreichsten sind.

Da im allgemeinen radium- und radonreiche Quellen aus Granitgrund entspringen, darf auch für das Masutomi-Gebiet angenommen werden, daß diese beiden Bestandteile hauptsächlich aus dem Granit stammen. Der Quellstrom löst aus der Berührungsfläche einen winzigen Anteil des dort vorhandenen Radiums. Dagegen wird die Gesamtmenge des in diesen Zonen durch Radium-Zerfall entstehenden Radons vom Quellwasser aufgenommen und gelöst. Daher ist der Radongehalt der Quellwässer mit $10\text{–}5000\times10^{-10}$ Curie/l außerordentlich viel größer als aus dem errechneten Gleichgewichte mit dem tatsächlich im Quellwasser vorhandenen Radium zu erwarten wäre. Die im Wasser von uns bestimmte Radiummenge kann nach dem Gleichgewichtsgesetze lediglich einen Radongehalt von $1\text{–}10\times10^{-12}$ Curie/l bedingen. Der tatsächlich vorhandene vielfache Mehrbetrag muß also aus dem Untergrunde stammen. Die Quellströme der Gruppen A und E durchqueren Granit, die der Gruppen B und C Granit und Sandstein. Der Radiumgehalt beträgt im Granit $0.63\text{–}2.72\times10^{-12}$ g/g, der im Sandstein $0.21\text{–}1.13\times10^{-12}$ g/g. Mithin ist für die Gruppen E und A ein höherer Radiumgehalt zu erwarten als für B und C.

In den Gruppen A und E sind die Berührungsflächen der Quellströme mit dem Gestein (Granit) vermutlich verhältnismäßig klein. Da die Aufnahme des Radons nur durch diese Berührungsflächen erfolgen kann, muß in ihren Schüttungen die Radonmenge naturgemäß in engen Grenzen bleiben. Die durch die Verwerfung verursachte Zertrümmerung des Untergrundes im Gebiet der Gruppen C und ganz besonders B bedingt eine außerordentliche Vergrößerung der Berührungsflächen des in Nebenspalten ruhenden mineralischen Grundwassers. Wir denken hier vorwiegend an diejenigen schmalen Spalten,

die von ruhendem Grundwasser erfüllt sind. Infolge seines gasförmigen Zustandes vermag sich das Radon durch Diffusion in solchen Spalten leicht auszubreiten. Damit wird für diese Quellwässer der Raum, aus dem sie Radon empfangen können, entsprechend vergrößert. Da Radon dauernd neu gebildet und angereichert wird, kann es auch aus ruhenden Grundwasserkörpern in die Quellströme übergehen, während diese Möglichkeit für das Radium nicht besteht. Daher scheinen Radon- und Radium-Gehalt der Masutomiwässer weitgehend unabhängig von einander zu sein.

Aus vorstehenden Betrachtungen ergibt sich, daß Schüttungen benachbarter Quellen in ihrem chemischen Charakter erhebliche Unterschiede aufweisen können, obwohl ein einheitlicher Ursprung ihrer Quellströme angenommen werden darf. Als Ursachen für solche Unterschiede sind mengenmäßig verschiedene Zuschüsse von Oberflächenwässern zum Quellstrome und chemische und physikalische Eigenschaften des von diesem durchquerten Gesteins anzusehen.

Zur Ökologie der Masutomi-Quellen.

G. H. Schwabe, vom Reichsforschungsrat Berlin.

Gliederung:

A. Einleitung 75
B. Über Sinter und ihre Bedeutung 76
C. Über lebensbedingte Sinterung und Sinterhemmung 82
D. Allgemeine Kennzeichen der Masutomi-Quellen 84
E. Über einige Blaualgen 85
F. Wasserwirkungen auf lebendige Vorgänge und Gestalten... 98
G. Zusammenfassender Schluß 102

A. Einleitung.

Landschaft

Nur ein einzelner bescheidener Bohrturm, der nach erfolglosen Arbeiten am Hontanigawa-Ufer stillgelegt wurde, verrät schon aus einiger Entfernung, daß bei Masutomi einmal Schätze im Granitgrunde gesucht wurden. Die Quellen selbst, die zu den stärkst radioaktiven Japans und wohl auch Ostasiens gehören, sind wasserarm, unscheinbar und größtenteils im Grün der Hecken und Wiesen und des Bergwaldes verborgen, sodaß der Wanderer achtlos vorüberginge, wenn ihn nicht Pfade, Wegzeichen und Namensschilder auf die kostbaren Gewässer hinwiesen. Auch die wenigen Gasthäuser des lang hingestreckten Straßendorfs erscheinen so bescheiden, daß ihre Anwesenheit hier allein durch die Anmut der umgebenden Landschaft vollauf gerechtfertigt scheint. Diese Landschaft, in die ein tief und schroff eingeschnittenes Flußtal vom Dorfe Shiokawa her hineinführt, ähnelt mit ihren Mischwäldern und hügeligen Siedlungsflächen in mancher Hinsicht deutschen Mittelgebirgen in höheren Lagen, wenn ihr auch die rundenden und besänftigenden Formungen der Eiszeit fehlen. Ein paar kleine einfachste Wassermühlen am Flusse verarbeiten die geringen Weizenmengen, die hier geerntet werden. Daneben wird auch noch in dieser Höhe (1080 m) Reis angebaut. Die Quellen, die nach **Ishizu's** Arbeiten (7) vorübergehend große Hoffnungen geweckt hatten, sind wieder weit in den Hintergrund getreten (vergl. oben **Oana** S. 57).

Quellen

Daß sie trotz ihres ausgeprägt umraumfremden Charakters nicht ohne weiteres in die Augen fallen, ist in ihrer geringen Schüttungsmenge und niedrigen tA begründet. Dazu erlauben die chemischen Eigenschaften der Schüttung bereits in unmittelbarer Austrittsnähe eine verhältnismäßig kräftige Entfaltung verschiedener Algen und wirken

jedenfalls nicht lebenshemmend auf die Quellumgebung. Der umraumfremde Charakter wird — neben den durchweg über dem örtlichen Jahresmittel liegenden tA-Werten — erst bei näherer Beobachtung an einer Reihe verschiedener Merkmale erkennbar: In den Bereichen der Gruppen C und A, in geringerem Umfange auch innerhalb der Gruppe B treten junge und alte Sintermassen auf, welch letztere nicht selten abseits von derzeit tätigen Quellen liegen und ± vollständig von Gesträuch und Hangwiesen überwuchert sein können. Die mengenmäßig mächtigsten Altsinter (fossile Sinter) sind innerhalb der Gruppe A zu finden, wo auch gegenwärtig noch die Sinterung am lebhaftesten sein dürfte. Auch zwischen A_2–A_3 und B_4–B_5 befinden sich an verschiedenen Stellen, die beiden Gruppen miteinander verbindend, schildartig gewölbte Flächen von Quellniederschlägen. Fast sinterlos sind nur wenige Austritte, besonders solche in Gruppe A, die als spärliche Rinnsale aus senkrechten Granitwänden am Flusse hervorbrechen. Sie sind dagegen schon von weitem an Ockerniederschlägen, die man ja auch im weiteren Sinne als Sinter betrachten muß, und schwärzlichen Blaualgenlagern erkennbar. Infolge ausfurchender Wirkungen des Flusses und wegen des lockeren, kiesreichen Geröllgrundes sind auch die Quellen, die in Hochwasserbette entspringen (z. B. B_8 und B_9), fast sinterfrei.

Wo nun die auf Granitgrund und in einem ausgesprochen kalkarmen Gebiete ` r bemerkenswerten Sinterbuckel und -flächen nicht so auffällig entwickelt sind, ist die schon bei unmittelbarer Beobachtung durch Umfang, Üppigkeit und Farben in die Augen fallende Algenbesiedlung der Quellen und ihrer Abflüsse ein sicheres Kennzeichen für den umraumfremden Wassercharakter, der außerdem in einer für die einzelnen Austritte verschieden starken, kohlensäurereichen Gasschüttung zum Ausdruck kommt.

B. Über Sinter und ihre Bedeutung.

Altsinter und Quellorte

Altsintervorkommen abseits derzeit tätiger Quellen beweisen, daß Austrittsverlagerungen stattfanden. Vor allem innerhalb der Gruppe A — auch bei B_1 liegen oberhalb des derzeitigen Austritts Altsinter — entspringen die jetzt schüttenden Quellen gewöhnlich in etwas tieferen Lagen als die ihnen benachbarten Altsinterbestände. Die Quellorte befinden sich hier in einer Abwärtsbewegung, die stellenweise dazu noch durch menschliche Eingriffe unsachgemäßer Art beschleunigt wurde (Rodung, Anschlagen von Sinterschilden an Hängen). Die Lage der Altsinter und der jetzigen Austritte bestätigt für die Gruppen A bis C im allgemeinen, daß die Quellorte entscheidend durch Ausfurchungstätigkeit fließender Gewässer mitbestimmt werden. Insbesondere stehen alle Austritte der Gruppen A und B, die entlang dem Flußlaufe oder in Hang-

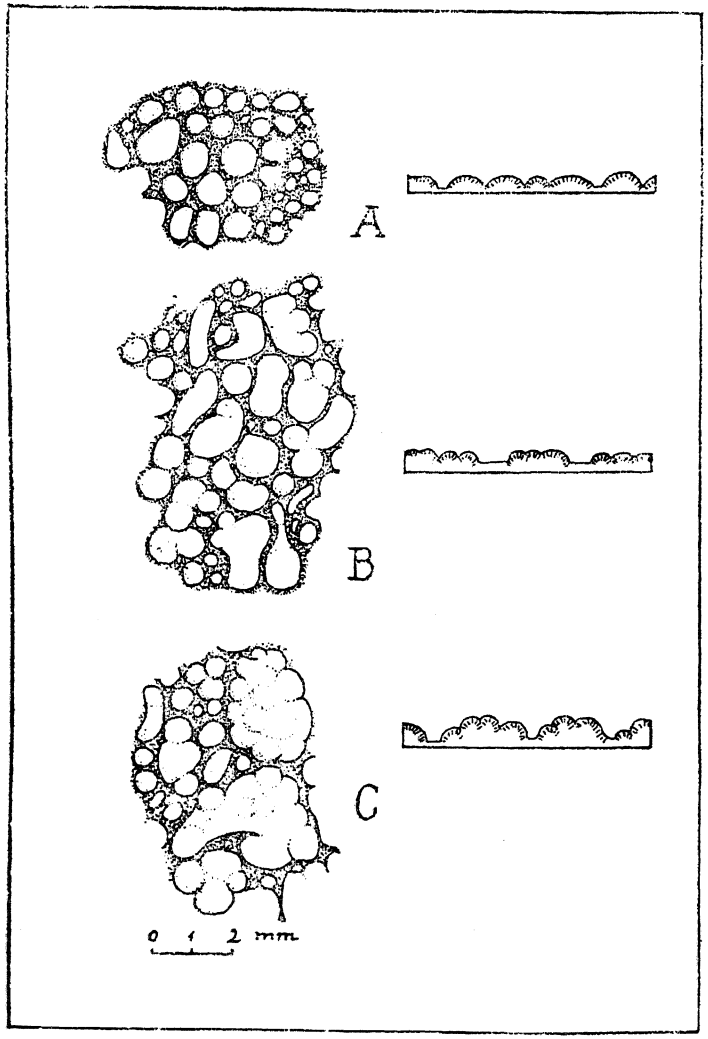


Abb. 1: ***Lyngbya erecta,*** Lager- und Sinterformen bei Quelle B_1 (Aufsicht und Schema des Querschnitts); A einfache, B verwachsene und C aufgestockte Polsterformen.

tälchen liegen, in deutlicher Beziehung zu Erosionsfurchen. Wie weit dieselben zugleich geologisch oder tektonisch mitbestimmt sind, konnte nicht ermittelt werden.

Sinterformen

Die Sinterung, vor allem aber die Formbildung der Sinter ist, auch wenn es sich dabei nicht um „biogene" Erscheinungen handelt, zu einem wesentlichen Teile ein Gegenstand der Ökologie. Denn chemische Zusammensetzung, Oberflächenformen und physikalische Beschaffenheit (wie Porigkeit und kapillare Eigenschaften) überströmter, berieselter oder trockengelegter Sinterflächen sind für deren pflanzliche und tierische Besiedlung von ausschlaggebender Bedeutung. Eine Geochemie der Sinter, die deren Zusammensetzung zum Chemismus der Schüttung in Beziehung bringt und aus ihm ableiten kann, findet ihre eigentlichen Grundlagen in einer bisher erst in den Anfängen steckenden Erforschung des chemischen Verhaltens (Reaktionsweise) der umraumfremden Schüttung. Dahingegen sind die Voraussetzungen für eine Formenkunde der Sinter vielseitiger und z. T. heute schon gegeben. Da die Masutomi-Quellen einige, vielleicht neue Gesichtspunkte hierzu erbrachten, sei hier eine knappe Übersicht über diese Seite der Sinterfrage angefügt.

Nach bisherigen Beobachtungen sind für die überaus mannigfaltigen Formen und Beschaffenheiten, die den Sintern jeder Quelle oder Quellgruppe ein eigenes Gepräge verleihen, folgende Wirkungen und Einflüsse maßgebend:

1. Chemismus und Temperatur des Wassers
2. Umfang und Art des Wasserwechsels
3. Ursachen der Ausfällung:
   a) Übersättigung infolge Abkühlung
   b) Übersättigung infolge Verdunstung
   c) Übersättigung infolge Entgasung
   d) Reaktionen mit anderem Wasser (z. B. Meerwasser)
   e) Lebensvorgänge (Assimilation)
4. Örtliche Bedingungen und ihre Veränderungen (wie Eigenschaften und Oberflächenformen der Unterlage, Temperatur, Wasserbedeckung, Strömung, Besonnung, Luftfeuchte und -bewegung, letztere besonders bei dünnen Wasserhäuten)

Diese Umstände, die vorläufig nur ganz allgemein anzudeuten sind, lassen also Sinter mit äußerst verschiedenartigen Eigenschaften vom Kieselgel und Ockerschlamm einerseits über körnige, krümelige, warzige und blätterige Formen bis zum festen kristallinen Gesteine andererseits entstehen. Wenige Sonderformen können schon jetzt ganz bestimmten Bedingungen zugeordnet werden. So entstehen beispielsweise in unterirdischen Spalten am Gezeitenstrand (z. B. Reykjanes-Isafjord,

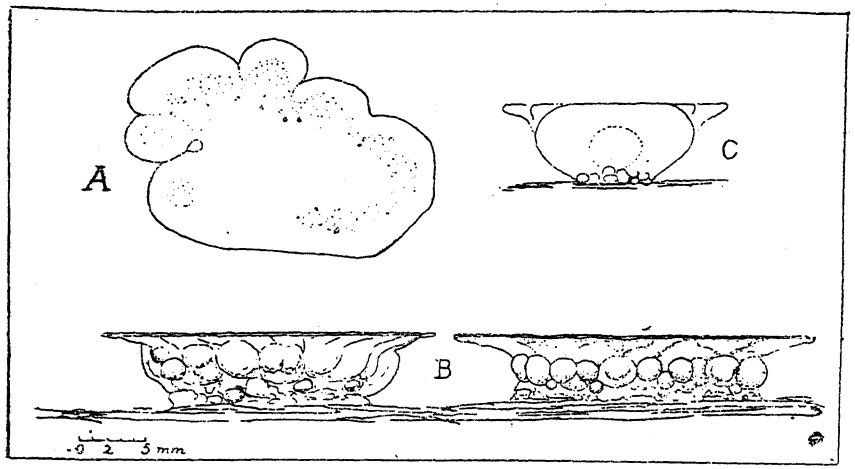


Abb. 2: A–C: Sinterpilze aus dem Abflusse A_6, A: Oberfläche eines zusammengesetzten Sinterpilzes, B: Seitenansichten eines solchen; (die an seiner Bildung beteiligten Erbsensteine sind klar erkennbar) — C: Bildung eines Sinterpilzes aus Erbsensteinen (schematisch). Die an ihren Aussenrändern wachsende Oberfläche liegt gewöhnlich etwa 1 bis 2 mm über dem Wasserspiegel.

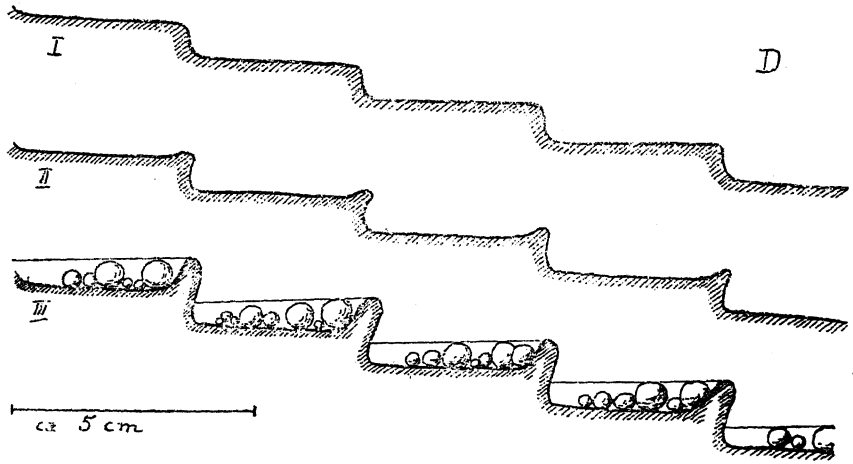


Abb. 2 D: Schema der Bildung von Staustufen und Erbsensteinen. (Erkl. im Text).

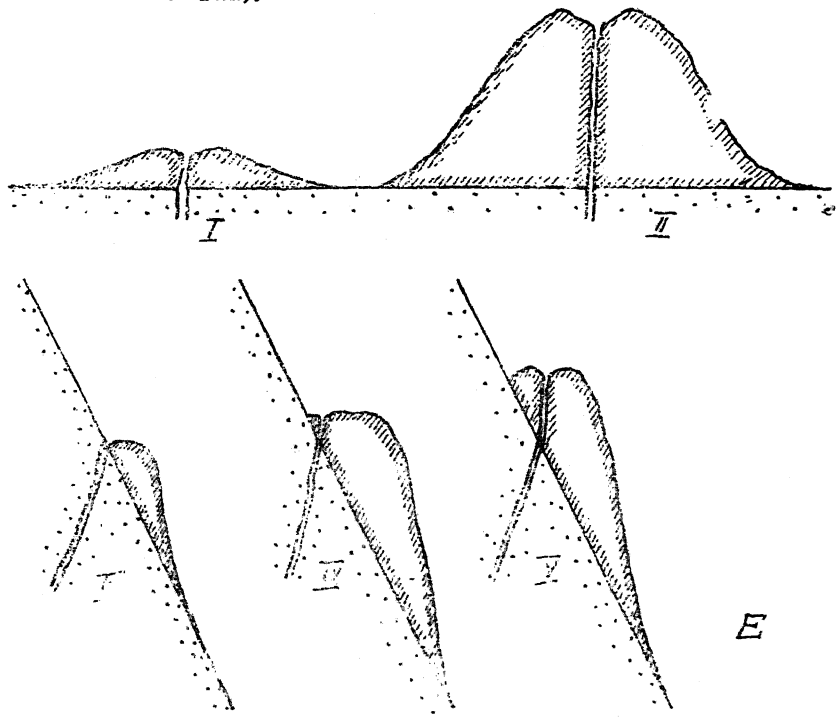


Abb. 2 E: Sinterhügel und -kegel mit Scheitelaustritt und Hangsinterschilde und -buckel, schematisch. (Erkl. im Text).

Island) in Mischungsräumen heißen Thermalwassers mit Meerwasser Kieselsinter mit fein verästelten Korallenformen. Ferner können Quellen, die ihren Austritt mittels der bereits durch Druckverminderung, Entgasung und Abkühlung ausfallenden Sintermassen allmählich emporheben und Sinterhügel oder -kegel bilden, in denselben und in unterirdischen Quellgängen als Quellstromsinter besonders feste, fast schichtenlose Kalk- und Kieselgesteine erzeugen (Lo Valdés bei Santiago de Chile; Yumata, Nagano-ken, Japan u. a.). Dann entstehen in aufrechten Blaualgenrasen häufig fein-sandige oder poröse und in *Vaucheria*-Watten und Moospolstern durch Umlagerung der Pflanzenkörper ± lockere und leicht zerbrechliche Sinter von schwammartigem Aussehen. In die gleiche Gruppe gehören auch „Sinterfossilien" anderer Herkunft. Bei Unterlagen, die nur von zarten Wasserhäuten bedeckt sind oder nur besprüht werden, entstehen unter ± starker Beeinflussung durch ursprüngliche Unebenheiten blätterig geschichtete oder warzige bis pilzähnliche Formen. In diese höchst mannigfaltigen Formungsvorgänge, die im Einzelnen durch noch unübersehbare physikalische und chemische Umstände im Wasser selbst und in seiner unmittelbaren Umgebung bestimmt, bzw. abgewandelt werden, greifen nun lebende Organismen, insbesondere Algen ein. Es ist nach Vorstehendem ohne weiteres klar, daß vorläufig nur sehr allgemein und unter Einschluß vieler Unsicherheiten von „biogener Sinterung" gesprochen werden kann, solange unsere Kenntnisse über „abiogene Sinterung" noch derartig unzureichend sind.

Masutomi-Sinter

Die Masutomi-Sinter sind sowohl an einzelnen Quellen wie im allgemeinen verhältnismäßig formenreich. Bei den sehr scharf, meist wellig geschichteten und an pflanzlichen Einschlüssen reichen Altsintern der A-Gruppe fällt auf, daß sich die einzelnen Schichten in Mächtigkeit, Dichte, Farbe und Gefüge sehr stark voneinander unterscheiden. (Vermutlich weisen diese Schichten auch Unterschiede in ihrer Radioaktivität auf, wie sie **Ishizu** 7, I, S. 44 behandelt). Solche scharf ausgeprägten unterschiedlichen Schichtbildungen sind nur als Anzeichen für entsprechende zeitliche Veränderungen der Schüttungseigenschaften zu deuten. Gerade infolge der geringen Schüttungsmengen sind Veränderungen der chemischen und physikalischen Eigenschaften im Laufe der Zeit wahrscheinlich stärker als bei ergiebigeren Quellen, deren Gleichgewicht gewöhnlich größer ist. Daher bieten diese Altsinter einen günstigen Gegenstand für geochemische Untersuchungen, zumal der umraumfremde Schüttungscharakter durch mancherlei Spurenelemente scharf ausgeprägt ist (vergl. **Oana** und **Kuroda**, S. 62). In der so möglichen hydrologisch-quellengeschichtlichen Auswertung verdienen die organischen Einschlüsse der Altsinter gleichfalls Aufmerksamkeit.

Die Neusinter sind nicht weniger formenreich. Die an mäßig bis sehr steilen Hängen entspringenden Quellen der A-Gruppe (A_6 u. a.) bilden oder bildeten wohl ausnahmslos jene typischen Hangsinterschilde oder -buckel, die als Abwandlung der echten Sinterkegel und -hügel mit Scheitelaustritt aufzufassen sind (Abb. 2 E). Bei diesen angelehnten Formen wird gleichfalls, wenn auch weniger deutlich und langsamer als bei freistehenden Kegeln, eine allmähliche Hebung des Austrittsspiegels durch die Sinterung verursacht. Infolge Druckerhöhungen im aufsteigenden Quellstrome treten von Zeit zu Zeit Austrittsverlagerungen ein. Bei gleichzeitiger Erosionstätigkeit fließender Gewässer in der Quellumgebung liegt der neue Austritt gewöhnlich tiefer als der alte ursprünglich lag. Die garnicht häufigen Naturerscheinungen der Sinterwölbungen, die durchaus Anspruch auf staatlichen Schutz haben sollten, werden vielfach — an einigen Stellen auch in Masutomi — gedankenlos zerstört, indem die Sinterwölbung gewöhnlich an ihrem unteren Ende angeschlagen wird und dann dort bei gleichzeitigem Versiegen des früheren Austritts die Schüttung ausfließen läßt.

Staustufen

An nicht durch Lebensvorgänge beeinflußten Kleinformen der Sinterung sind in Masutomi vor allem Staustufen an fallenden Flächen, Stauwälle und hinter diesen gebildete Erbsensteine sowie verhältnismäßig große Sinterpilze zu erwähnen (Abb. 2). Warzen und pergamentartige Blattsinter, wie sie gewöhnlich in saugwasserversorgten Uferstreifen gemein sind, fehlen. Sie sind möglicherweise an höhere tW und entsprechende Verdunstungs- und Abkühlungsverhältnisse gebunden. Die Entstehung der Staustufen, die gerade in ihren Anfängen noch ungeklärt ist, scheint dünn berieselte Flächen vorauszusetzen. Die Stufen sind umso schmaler, je steiler das Gefälle ist. Sobald einmal der erste, feinste Ansatz zu einer Stufe gebildet ist, genügt die dadurch bedingte Strombremsung des abrinnenden Wassers, um diesen Ansatz durch Auflagerung weiteren Sinters zu erhöhen. Seltsamerweise können gelegentlich Algenlager ganz ähnliche Stufen- und Wallbildungen hervorbringen, ohne daß eine erkennbare Sinterung stattfindet. Vielleicht wirken manchmal auch Algen beschleunigend auf die genannten Sinterformungen ein.

Erbsensteine

Ein mit schmalen Staustufen besetzter Sinterhang ähnelt in seiner rhythmischen Gliederung einer windbewegten Wasserfläche. Durch Stromstau veranlaßte örtliche Erhöhung der Sinterfällung führt zur Bildung regelrechter Sinterdämme, wie sie — bis über 1 cm hoch — in den Abflüssen von A_6 und A_7 vorkommen. Hinter diesen Wällen, also in fast vollkommenem Stillwasser, bilden sich stellenweise Erbsensteine von lockerem Aufbau und in dichter Lagerung (Abb. 2 D). Ihre Entstehung scheint in diesem Falle mit Ausgleichsströmungen in kleinstem Raume in

Zusammenhang zu stehen. Dabei können anscheinend auch Algen in bisher ungeklärter Weise mitwirken. Ähnliche Formen sollen jedoch manchmal auch unter Wirkungen fallenden Wassers, also unter ganz anderen Verhältnissen, entstehen. Die Erbsensteine weisen in Masutomi bei sehr verschiedenen Durchmessern von wenigen Millimetern bis etwa 1 cm ziemlich regelmäßige, kugelige Formen auf und erreichen nur ausnahmsweise, besonders bei stärkerem örtlichem Wasserwechsel, den Spiegel. Wo dies geschieht, macht sich alsbald die Verdunstungswirkung weiterformend bemerkbar. Sie verursacht weitere Hebung über den Spiegel und flächenhafte, allseitige Ausbreitung in einer ein oder wenige Millimeter höher liegenden Ebene. Das Ergebnis sind nach und nach miteinander verwachsende Sinterpilze (Abb. 2 A – C). Das waagrechte Oberflächenwachstum dieser Bildungen ist umso besser, je stärker der Wasserwechsel an ihrem Stamme und je größer die örtliche Verdunstung ist. In diese zwar grundsätzlich einfachen, im einzelnen aber höchst verwickelten Vorgänge — Porigkeit, feinere Oberflächenformen, Beziehungen zu tW, mechanische Stromwirkungen, Besonnung und viele andere Umstände blieben hier ganz unberücksichtigt — greifen nun lebende Algen ein.

Sinterpilze

C. Über lebensbedingte Sinterung und Sinterhemmung.

Sinter-hemmung

Die Auffassung, die manche Sinterbildungen ohne Rücksicht auf deren Eigengesetzlichkeiten einfach als biogene Erscheinungen sieht, tut demnach der Wirklichkeit gewöhnlich Zwang an. In zahlreichen Fällen läßt sich beobachten, daß Algen nicht nur an der Sinterung unbeteiligt sind, sondern die Entwicklung dieses Lebenshindernisses hemmen oder teilweise unterbinden. Solches läßt sich an vielerlei, meist zähfleischigen Teppichlagern, wie sie bevorzugt manche *Scytonemataceen*, aber manchmal auch *Phormidien* entwickeln **(31 – 33)**, beobachten. Bei diesen Vorgängen, von denen später ausführlicher berichtet werden soll, scheinen chemische Wirkungen entscheidend mitzusprechen.

Daß auch polsterbildende Arten (*Rivulariaceen* und *Lyngbya*) abdeckende oder schädigende Sinterungswirkungen zum wenigsten abschwächen können, beweisen einige Befunde in Masutomi. Die größtenteils breitrinnenden und feuchtsaumigen Abflüsse der Quelle B_1 und ihrer an einem steilen und fast vegetationslosen Schutthange entspringenden Nebenaustritte haben verhältnismäßig dünne, flächenmäßig umfangreiche Sinterschichten von weißgrauer Farbe auf dem steinigen Grunde abgelagert. Ihre Oberfläche ist unregelmäßig höckerig und rauh. Dauernd feuchte und wenigstens zeitweilig dünn berieselte Flächen weisen auf der Sinterschicht in einer Gesamtausdehnung von mehreren Quadratmetern einen saftig blaugrünen, zusammenhängenden

Bewuchs von *Lyngbya erecta* nov. spec. (S. 95) auf. Beiderseits dieser Bestände, also sowohl in stärkeren Abflußrinnsalen wie am feuchten Außensaum der Lager wird Sinter ausgefällt, auf den Algenbeständen selbst ist jedoch keinerlei Sinterung erkennbar. Die Art scheint die Auflagerung von Sinter zu verhindern. Nähere Beobachtungen ergeben, daß diese Erscheinung im vorliegenden Falle wenigstens zum wesentlichen Teile mechanisch verursacht wird. Abb. 1 zeigt Oberflächen- und schematische Querschnittsbilder der Lager. Die dicht gedrängten, polsterbildenden Fäden schaffen keine glatte Oberfläche, vielmehr ragt stets ein Teil der Tr oder der an ihrem Ende abgegliederten Ho etwa 5μ bis 10μ, bis über 20μ höher empor. Während im Innern der Polster kleine Sinterteilchen eingelagert sind, kann infolge der offenbar ungleichmäßigen Wachstumsgeschwindigkeit der einzelnen Tr auf der Polsteroberfläche keine zusammenhängende Kruste entstehen. Dort etwa gebildete Sinterteilchen werden durch eben diese Wachstumseigenart dauernd wieder aufgebrochen und über die Polsteroberfläche emporgehoben, so daß sie leicht abgeschwemmt werden. Soweit dieser vorläufige Befund.

Vielleicht treten auch bei anderen polster- oder rasenbildenden Arten ähnliche Erscheinungen auf. Aufschlüsse hierüber verspricht wohl am ehesten *Calothrix thermalis*, die Standorte mit starker Sinterfällung zu bevorzugen scheint und an ihnen gewöhnlich ihre Bestände selbst weitgehend sinterfrei zu halten vermag. Die Rasen einer Standortform dieser Art (S. 86), die ebenfalls in Abflüssen von B_1 gedeiht, enthalten fast nur am Grunde als Krusten auf den einzelnen Scheiden nennenswerte Sintermengen. Vielleicht hat die gerade für *Rivulariaceen* kennzeichnende Faden- und Tr-Verjüngung einen Einfluß auf die Sinterhemmung, ein Umstand, der schließlich auch für die Uferbesiedlung verschiedenster Gewässer von Interesse sein könnte.

lebensbedingte Sinterung

Fähigkeiten zur Sinterhemmung können selbstverständlich auch ± vollständig fehlen, wie etwa bei den beiden bekannten Thermalalgen *Hapalosiphon laminosum* und *Cyanidium caldarium*, die beide häufig einsintern, sich allerdings auch in diesem Zustande allem Anschein nach noch gewisse Lebensmöglichkeiten erhalten können. — Wenn somit nach bisherigen Befunden „biogene Sinterung" in der hier besprochenen Art von Lebensräumen weit weniger häufig und wirksam zu sein scheint, als dies im älteren und neueren Schrifttume gerne dargestellt wird, so soll eine derartige Erscheinung damit keineswegs grundsätzlich abgelehnt oder geleugnet werden. Lebensbedingte Sinterung läßt sich unseres Erachtens jedoch zuerst einmal am besten dort untersuchen, wo sie nicht — wie eben bei umraumfremden Quellen — von unvergleichlich mächtigeren und lebens-

unabhängigen Sinterfällungen überlagert und verschleiert wird. In diesem Sinne bieten vielmehr etwa die Kalkplättchen auf den Scheiden der aerophytischen *Scytonema julianum* einen günstigen Gegenstand.

D. Allgemeine Kennzeichen der Masutomi-Quellen.

Besiedlung

Die bisherigen Ergebnisse sind auf zu wenig eingehende Untersuchungen begründet, als daß eine sichere Unterscheidung der einzelnen Quellen oder Quellgruppen im biologischen Sinne möglich wäre, obwohl eine Reihe von Hinweisen dafür vorliegt (vgl. Tab. 1). Noch nicht einmal eine annähernd vollständige Blaualgenliste kann aufgestellt werden, zumal die Masutomi-Flora verhältnismäßig artenreich ist. Deshalb werden hier nur eine mehr allgemeine Kennzeichnung der Quellen und im Anschluß daran mehrere Einzelbeobachtungen an vorherrschenden oder genauer beachteten Blaualgen mitgeteilt.

Alle Quellen und Abflüsse sind, soweit sie nicht verbaut sind, stark von Algen besiedelt. Diese Besiedlung stellt sich jedoch manchmal (z. B. bei B_1 und A_3) erst bei einiger AE ein, eine Erscheinung, die bei kohlensäurereichen Quellen häufig zu beobachten ist. Im Austritte und in der unmittelbar anschließenden Abflußstrecke tritt in diesem Falle gewöhnlich eine ± kräftige Ockerfällung auf. Blaugrün ist bei weitem die vorherrschende Farbe der Algenbestände. Dahingegen sind olivgrüne, rein grüne und diatomeenbraune Töne seltener, und braunrote oder rotstichige Bestände, wie sie im thermalen Oberbereich so häufig sind, fehlen völlig. Mengenmäßig und nach ihrer Artenzahl überwiegen Blaualgen in allen Austritten. An zweiter Stelle stehen Kieselalgen, und von grünen Algen ist eine *Vaucheria*-Art(?) fast überall auf feuchten Sinterflächen und an Austrittsrändern zu finden. Die Algenbestände sind größtenteils von Insektenlarven und in breitrinnenden Abflüssen auch von *Nematoden* und Käfern besiedelt. Stellenweise sitzen auf Wasserflächen, feuchten Algen oder Sintern kleine Schwärme von *Scatella*-ähnlichen Fliegen.

Ohne weiteres erkennbare Einflüsse der Schüttung auf die Umgebung sind abgesehen von der Sinterung, die man z. T. hierher rechnen könnte, sehr gering. Ein kurzer Besuch von wenigen Tagen gestattet natürlich nur eine oberflächliche Beobachtung, die ausschließlich tAbedingte Wirkungen auf die Quellumgebung erkennen läßt. Diese Einflüsse sind infolge der Lufttemperatur erheblichen jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. So treten an Quellüberwölbungen, wie z. B. bei B_5, bei stärkerem winterlichen Dampfniederschlag ausgedehnte Algenlager (S. 86) auf, die in der wärmeren Jahreszeit infolge Wassermangel vertrocknen und krustig abblättern. Diese durch jahreszeitliche Veränderungen der Ingliederung und der Lebensraumgrenze verursachte, bei umraumfremden Quellen häufige und auch sonst auftretende Erscheinung soll vorläufig als Winterbesiedlung bezeichnet werden. — In gewissem Sinne ist auch die Sinterschädigung von Moospolstern und quellnahen Algenwatten als Einfluß der Schüttung auf die Umgebung zu betrachten. Solche Schädigungen fallen besonders an den Austritten B_2 und B_3 auf.

Winterbesiedlung

E. Über einige Blaualgen.

Chroococcaceen

1. *Microcystis* spec. kommt zusammen mit *Synechocystis aquatilis* und einer *Schizothrix* spec. ziemlich häufig in A_7 vor. Die blaß blaugrünen Zellen haben 1.8μ–2.5μ Ø und bilden mikroskopisch kleine Kolonien von 40 bis zu mehreren Hundert Zellen mit Lagerdichten von etwa 1/10 bis 0. Die Kolonien sind ± deutlich würfelförmig und nähern die Art damit der Gattung *Eucapsis*. Die Zellen, die keine erkennbaren Eigenhüllen haben, liegen meist in Vierer- oder Achtergruppen. Die gemeinsame Gallerte ist farblos.

2. *Chroococcus varius* bildet grünliche Anflüge und trocknende Schleimschichten auf breiigem Sinter dicht über dem Wasserspiegel des Austritts B_5. Der Standort liegt in der Quellüberwölbung und ist lichtarm. Als Begleiter treten Kieselalgen und in Massen eine *Protococcale* auf.

3. *Synechocystis aquatilis* (Abb. 6 D) kommt massenhaft in A_6, A_7, B_2, B_3 und B_7 vor und tritt in B_2 und B_7 lagerbildend auf, welcher Umstand der Gattungsabgrenzung von *Synechocystis* widerspricht. (Damit dürfte, wenn weitere Lagerbildungen der Art gefunden werden, die Gattung hinfällig werden und mit *Aphanocapsa* zu vereinigen sein). Das Lager bildet eine satt bis schwärzlich blaugrüne, weiche, häutig glatte Kruste, die im Strome etwa 20μ bis 30μ, in Stillwasser bei mehr schleimiger Beschaffenheit bis etwa 1 mm dick werden kann und stets nur unter Wasserbedeckung vorkommt. Beim Schütteln in Wasser oder schon beim Berühren am Standorte entsteht eine blaugrüne Trübung durch leicht herausschwemmende Zellen. Im verbleibenden, noch völlig deckenden Lagerreste ist die innere Bindung, in Anbetracht dessen, daß es sich um nackte *Chroococcaceen* handelt, außerordentlich groß. Die Lagerdichte beträgt 1 bis ½, seltener bis 0; erkennbare gegenseitige Abplattungen kommen kaum vor. Auffällig ist die Häufigkeit von Teilungsstadien (S. 99). — Die Zelldurchmesser schwanken an den verschiedenen Standorten in verhältnismäßig engen Grenzen und liegen im ganzen zwischen 3.8μ und 6μ (Tab. 1). Zwischen der typischen Art und fa. *minor* kommen alle Übergänge vor. — Als Begleiter treten Kieselalgen, *Schizothrix* spec., *Microcystis* spec. und andere auf.

Austritt:	A_7	B_2	B_7
tW:	24.5	19.0	23.9
Zell-Ø, μ	4.1–5.0	4.2–5.0	3.8–4.2
Gesamtanzahl	169	240	171
Einzelzellen	18% (31)	20% (47)	39% (66)
Teilungsformen	82% (138)	80% (193)	61% (105)

Tabelle 1: Teilungshäufigkeiten von *Synechocystis aquatilis* in 3 Austritten

Stigonemataceen

4. *Hapalosiphon fontinalis* gedeiht hier, abweichend von den meisten bisherigen Funden, als Winterbesiedlung auf dampffeuchten Flächen außerhalb des Quellwasserkörpers. Das an der Granitüberwölbung von B_5 sitzende und derzeit trockene Lager blättert krustig ab. Es stellt einen schräg abwärts wachsenden, zottigen Rasen von 0.5 bis 1 mm Länge und schwarzbrauner Farbe dar. Der Gesamtbestand dürfte etwa 1 qm bedecken. Da Nebenfäden mengenmäßig weit überwiegen und in den Zotten — ähnlich wie bei *Symploca* zu Bündeln verklebt — fast allein auftreten, wird bei oberflächlicher Betrachtung ein *Scytonema* vorgetäuscht. Die spärlich und fast nur am Lagerrande gedeihenden Hauptfäden sind 16μ–20μ breit und enthalten nicht selten längsgeteilte Zellen. Die Zellen sind durchschnittlich ½mal so lang wie breit. Die Scheiden sind eng, fest, gelblich bis gelbbraun und außen glatt. Nebenfäden werden einzeln oder paarweise angesetzt und sind 8μ bis 12μ breit. Ihre Zellen sind quadratisch bis zweimal so lang wie breit.

Rivulariaceen

5. *Calothrix thermalis* (Abb. 3) gedeiht vor allem in Abflüssen von B_1, kommt jedoch auch in B_5, A_6 und A_7, jedoch nirgends in typischen Reinbeständen vor. Die Bestimmung ist durch große Gestaltveränderlichkeit sehr erschwert und war erst nach Durchsicht verschiedener Standorte und Vergleich mit typischem Material aus heißen Abflüssen der Nakabusa-Quellen (Nagano-ken) möglich. Die Formenketten sind an beiden Orten eindeutig von der AE und dabei, wie die Verhältnisse von Masutomi belegen, offenbar nicht von tS-Bedingungen abhängig (S. 99).

Mischlager mit *Nostoc minutissimum* bei B_1 sind schmutzig grün bis braungrün und weich gallertig bis weich knorpelig. Sonst kommt die Art in wechselnder Häufigkeit als Einsprengsel zwischen Kieselalgen, *Lyngbya erecta* und *Synechocystis* vor. — Unter Einschluß aller für Masutomi festgestellten regelmäßig abweichen-

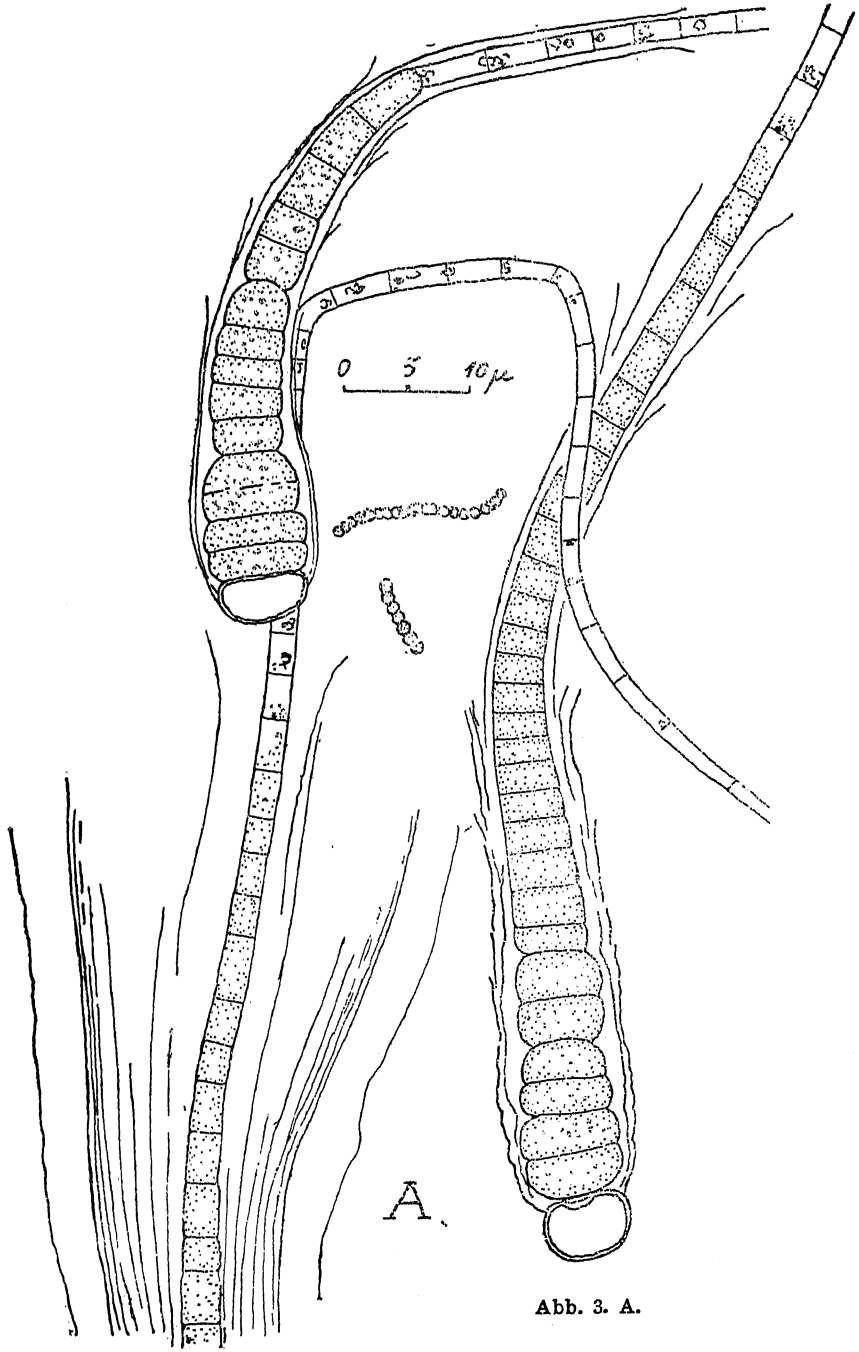


Abb. 3. A.

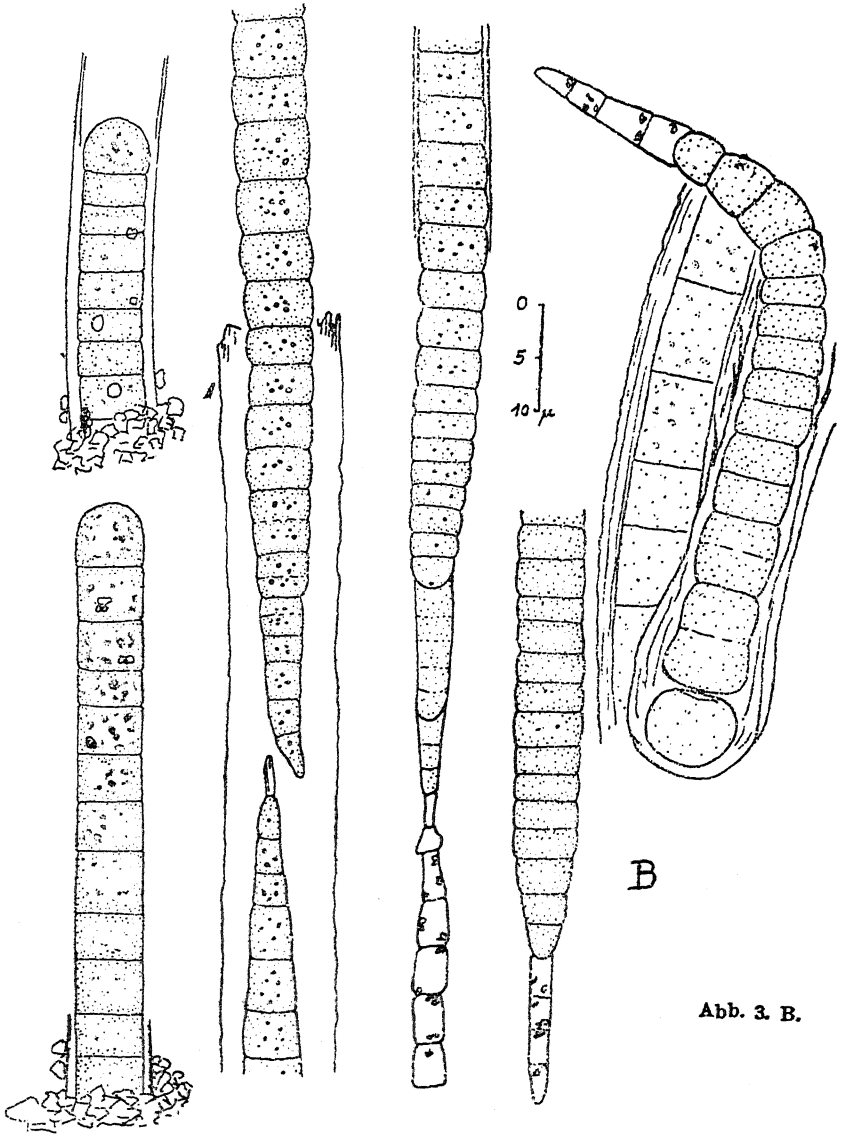


Abb. 3. B.

Abb. 3: ***Calothrix thermalis*** fa. von Quelle B_1 — A: im Unterbereich (mit langen, dünnen, vakuolisierten Haaren, Begleiter *Nostoc minutissimum* fa.) — B: im Oberbereich (Fadenenden mit kurzer und schwacher oder ohne Verjüngung. Die nicht verjüngten Trichomenden links auf Abb. 3 B ragen aus Sinterpanzern heraus).

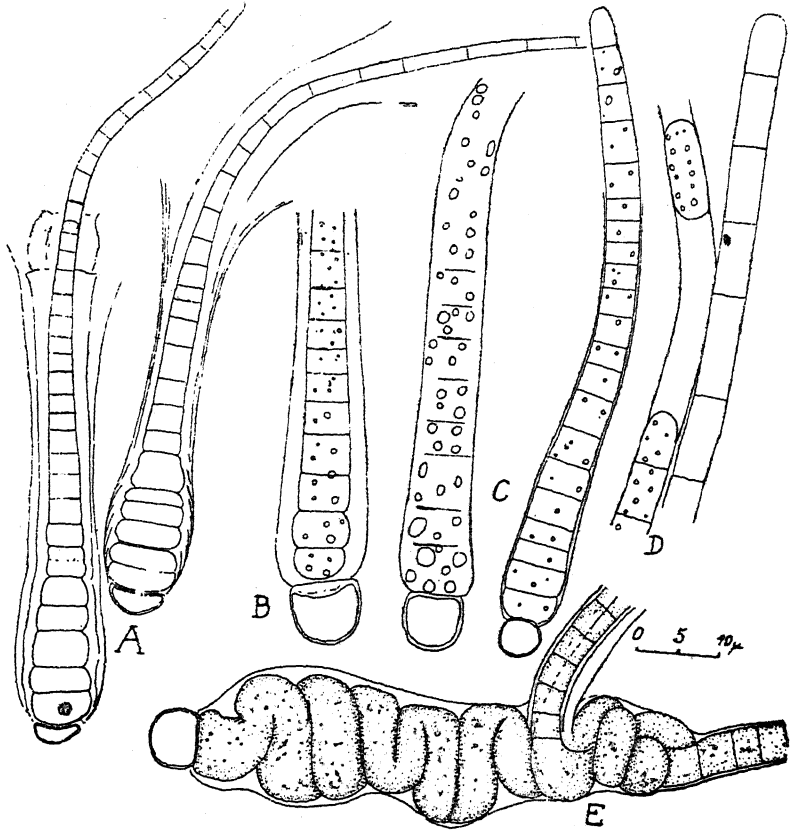


Abb. 4: ***Calothrix thermalis*** aus Nakabusa zeigt entsprechende Formveränderuungen mit der Entfernung vom Austritte. — A: im Unterbereich, B: aus dem Zwischenbereich und C bis E: im Oberbereich. Auffallend sind hier vor allem: fast völliges Verschwinden basaler Schwellungen und Einschnürungen, geringe Verjüngung der oberen Tr-Enden, die deshalb sogar (Abb. 4 D) Hormogonien abtrennen können, und Häufigkeit von Stauchungen im Basalteil.

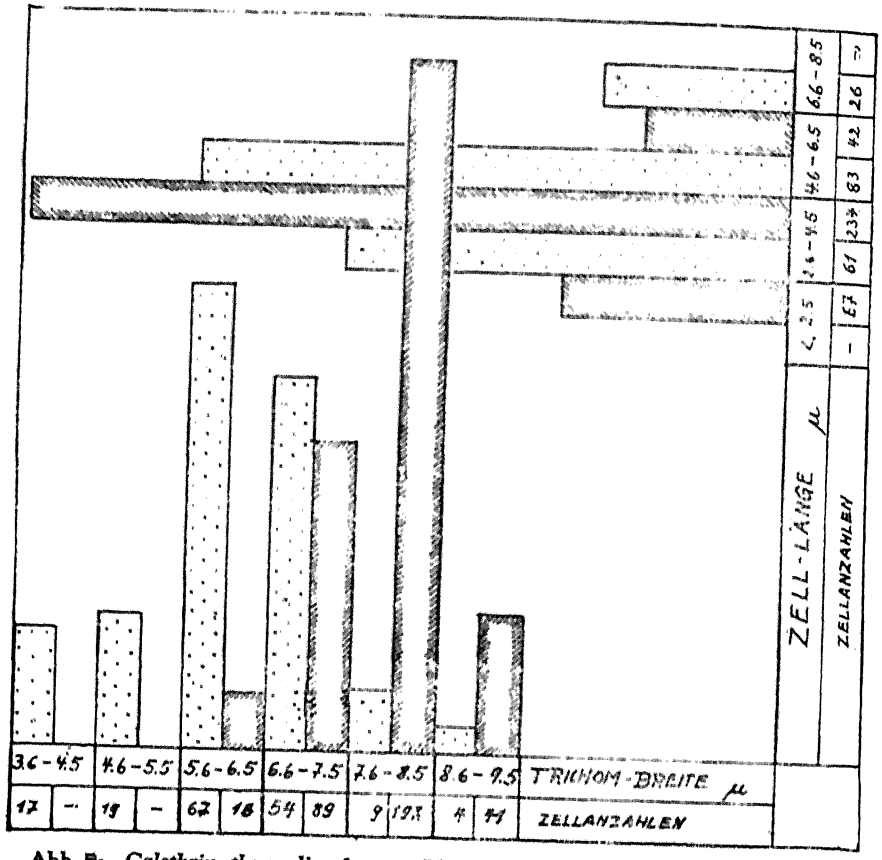


Abb. 5: ***Calothrix thermalis*** fa. aus Masutomi: Zellmaße und -anzahlen bei austrittsferneren (punktiert) und austrittsnäheren (schraffiert) Beständen.

Zell-Länge:	−2/5	>2/5	>3/5	>4/5	>1/1
		der Trichombreite			
Gesamtanzahl u. Zellart:	**Anteil der einzelnen Größenklassen:**				
160 Quf Tr	–	25%	25%	25%	25%
341 Qun Tr	77%	9%	11%	3%	–
146 Haar	–	–	–	–	100%
69 Ho	100%	–	–	–	–

Tabelle 2: Abhängigkeit der Zellgestalt von ***Calothrix thermalis*** von der AE im Raume der Quelle B_1. Die Länge der Zellen ist ausgedrückt in Bruchteilen der Tr-Breite. Verglichen werden quellferne (Quf), quellnahe (Qun) Tr-Zellen, Zellen vakuolisierter Haare (Haar), die fast ausschließlich aus Quf-Beständen, und Ho-Zellen (Ho), die nur aus Qun-Beständen stammen.

den Formen läßt sich der mikroskopische Befund folgendermaßen zusammenfassen, wobei Eigenschaften (nicht Maße) der Bestände mit größerer AE vorangestellt werden: Die unregelmäßig stark oder wenig gekrümmten Fäden sind reichlich bis sehr spärlich scheinverzweigt. Sie sind an der Basis, die deutlich oder kaum angeschwollen ist, 8µ–18µ dick. Sie können bis über 400µ lang werden, bleiben jedoch häufig auch kurz. Die Scheiden sind gelb bis braun oder bleiben, wie bei jungen Fäden, farblos. Im ersteren Falle sind sie gewöhnlich bei deutlicher Schichtung außen rauh und aufgefasert, im letzteren selten oder nicht geschichtet mit ziemlich glatter Außenfläche, die mit feinsandigem Sinter besonders in unteren Teilen besetzt sein kann. Die Scheiden bläuen sich wenigstens z. T. mit Chlorzinkjod, z. T. tritt keine Bläuung ein. Auch diese Reaktion ist weitgehend standortbedingt. Tr haben bei Zell-Längen von 1.6µ–8.3µ eine Breite von 4µ–9µ. Haare sind 3µ–4µ breit und haben vakuolisierte Zellen, die quadratisch oder länger sind. Die Bildung von Haaren kann (bei geringer AE) auch unterbleiben. Interkalare Hz sind (4µ–8µ : 5µ–20µ) vor allem bei geringer AE, die auch die Bildung von basalen Hz (6.5µ–9µ : 4µ–20µ) einschränkt, sehr selten.

Art d. Bestandes:	Breite, µ	Länge, µ
Quf Tr-Zellen	4 – 9	1.6 – 8.3
Qun Tr-Zellen	6 – 9	2.0 – 5.8
Haar-Zellen	3.8 – 4.5	4.1 – 9.2
Ho-Zellen	5.6 – 6	1.6 – 1.9
basale Hz	6.5 – 9	4 – 8
interkalare Hz	4 – 8	5 – 20

Tabelle 3: Verschiedene Zellmaße von ***Calothrix thermalis*** und ihre Abhängigkeit von der AE. Haarzellen und Hz stammen fast ausschließlich aus Quf-Beständen, Ho aus Qun-Beständen. Erklärungen siehe Tab. 2.

Zum Unterschiede von den Nakabusa-Funden, die aus Bereichen höherer tW stammen und sehr gut mit der Artbeschreibung übereinstimmen, sind Zellgrenzen gewöhnlich gut erkennbar. Genauere Beschreibung des Nakabusa-Vorkommens wird später gebracht werden. — Die weitgehend gleichsinnigen Formabhängigkeiten der Art von der AE bei sonst sehr verschiedenen Standortbedingungen in den beiden Quellgebieten Masutomi und Nakabusa zeigt Tab. 4.

Nostocaceen

6. *Nostoc muscorum* bedeckt in spärlichem Sickerwasser etwa 20 bis 30 cm breit eine senkrechte Granitfläche vom Wasserspiegel des Austritts B_5 an bis etwa 1 m über diesem. In den Wasserkörper selbst dringt die Alge nicht vor. Die Herkunft und die Eigenschaften des in geringster Menge herabsickernden Wassers sind unsicher. Da jedoch

in der näheren Umgebung des Austritts B_5 an mehreren Sickerstellen Kohlensäure entweicht, ist anzunehmen, daß auch vorliegender *Nostoc* unter umraumfremden Wasserwirkungen steht. Außerdem sind Rn-Wirkungen nicht auf den Wasserkörper selbst beschränkt, sondern erstrecken sich notwendigerweise auf den von Quellgasen beeinflußbaren Raum.

Das höckerige, schleimklumpige Lager ist bei dunkel olivbrauner Farbe hyalin durchscheinend. Die Tr sind bei 3.5μ–4μ Breite blaß blaugrün, Zellen quadratisch, selten bis 1½ mal so lang wie breit. Scheiden sind, soweit vorhanden, farblos. Typische Hz fehlen vollständig und die allein vorkommenden Übergangsformen zwischen Tr-Zellen und echten Hz sind gleichfalls nicht häufig und oft kaum von ersteren zu unterscheiden. Sie sind bei annähernd kugeligen Gestalten 4μ–5μ breit, 4.5μ–6μ lang. D werden in Reihen angelegt. Stellenweise zerfallen ganze Tr in D, die kugelig bis kurz elliptisch und bei völlig gleichen Maßen oft nicht einwandfrei von obigen abweichenden Hz-Bildungen zu unterscheiden sind. In der Lageraußenschicht sind die Tr stärker gekrümmt und dichter gelagert als innen.

Zu beiden Seiten dieser in Farbe, Form und Beschaffenheit typischen *Nostoc*-Lager breiten sich schmutzig grüne, weich schleimige Bestände. Diese bestehen aus kugeligen Zellen von 4μ–4.5μ Ø, die mit einer Lagerdichte von ¼ bis ½ (selten 0) zu ± kugeligen Kolonien bis über 100μ Ø zusammengeballt sind. Wenn keine Übergangsformen zu obigem *Nostoc* vorlägen, dann wären diese *chroococcalen* Formen als *Microcystis flos-aquae* zu bestimmen. — Der Standort ist lichtarm. Als Begleiter ist vor allem eine in einzelnen Fäden gedeihende *Calothrix* (vielleicht *thermalis*) zu erwähnen.

7. *Nostoc microscopicum* (Abb. 7) wächst zwischen Moosen im Sickerwasser am Rande von B_2. Das ausgebreitete Lager ähnelt sehr dem von *N. verrucosum* und ist bei verhältnismäßig weicher Aussenschicht braun. Die stark gewundenen Tr, die in ihrem Aussehen sehr an *N. muscorum* erinnern, sind 5μ–7μ breit. Am Lagerrande erkennbare Scheiden sind gelb und oft mehrschichtig. Die Zellen sind quadratisch, wenig kürzer bis fast doppelt so lang wie breit. Hz besonders interkalare, sind nicht häufig, stellenweise selten. Sie sind bis 8.5μ breit, ± kugelig oder elliptisch und bis 10μ lang. Die in Reihen angelegten D sind 7μ–8μ breit und 10μ–14μ lang, elliptisch mit glatter, farbloser bis brauner Membran. In den Außenschichten des Lagers sind die Tr dichter gelagert und stärker gewunden als innen.

8. *Nostoc minutissimum* (Abb. 3) kommt zusammen mit *Cal. therm.* in größerer AE bei B_1 vor und bildet hier manchmal den Hauptanteil. Die ziemlich stark gekrümmten Tr sind 1.2μ–1.8μ

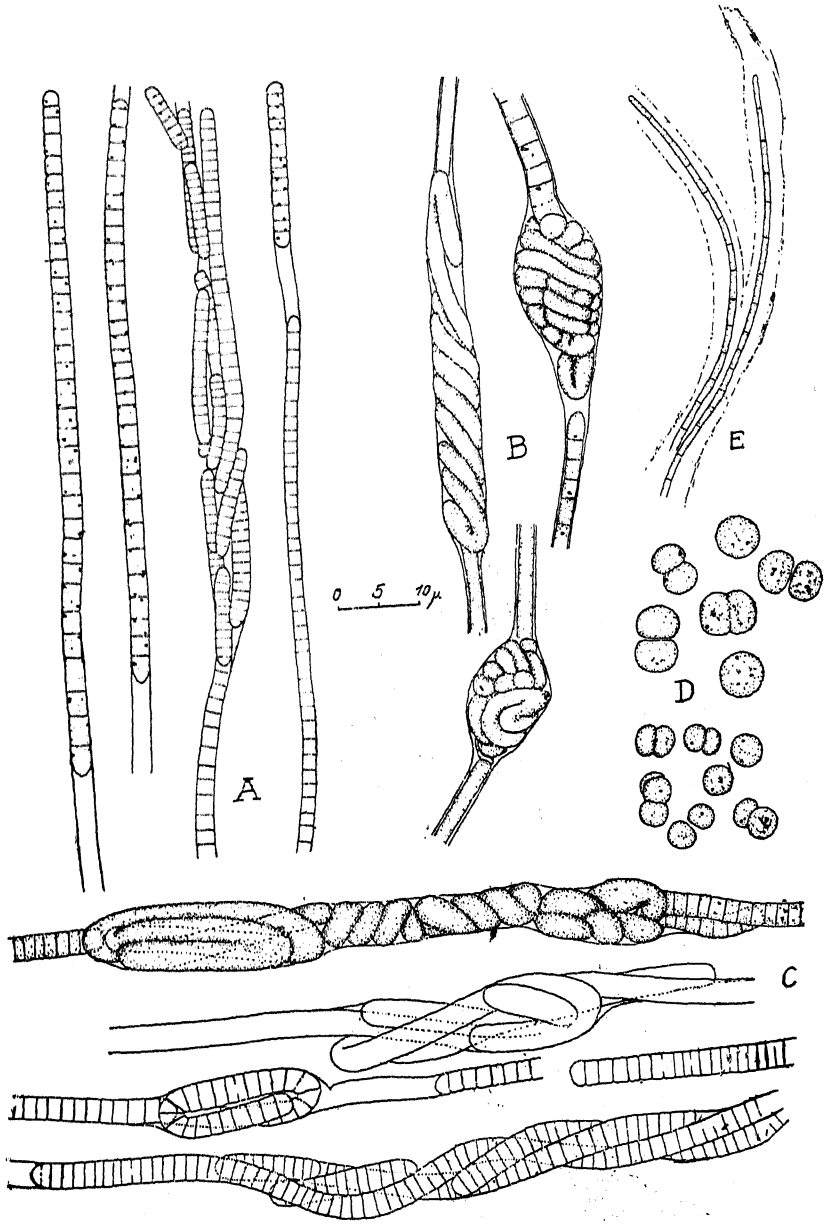


Abb. 6: Weitere Blaualgen aus Masutomi-Quellen. —
A: *Lyngbya erecta* nov. spec.
B: *Schizothrix* spec. 1
C: *Schizothrix* spec. 2 (*penicillata*)
D: *Synechocystis aquatilis*, größere und kleinere Formen
E; *Schizothrix* spec. 3.

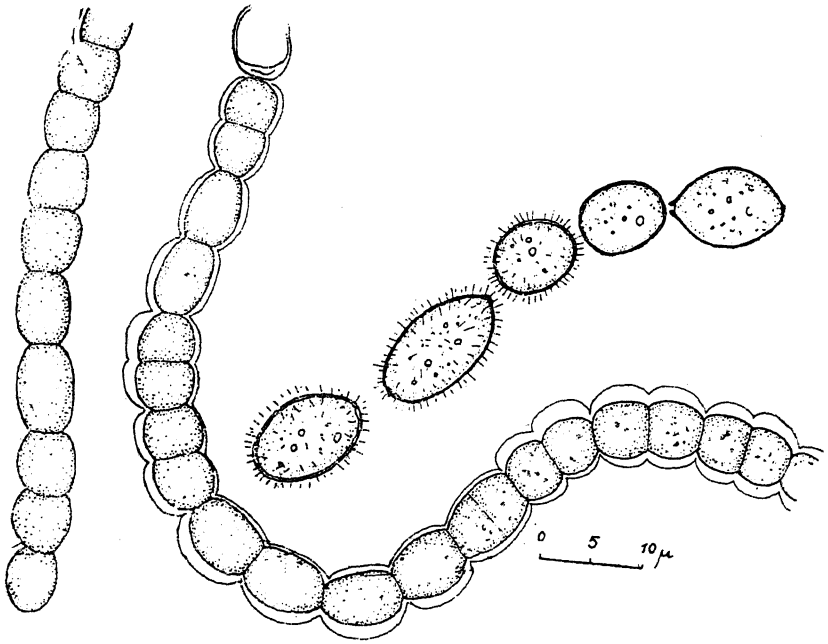


Abb. 7: *Nostoc microscopicum* fa.

breit, blaß blaugrün und locker gelagert. Die Zellen sind kurz tonnenförmig, so lang wie breit oder etwas kürzer. Stellenweise sind weite Scheiden erkennbar, die farblos und nur am Lagerrande gelblich sind. Kugelige D von 2.2μ Ø werden meist zu mehreren in Reihen angelegt. Hz sind nicht zu unterscheiden.

9. *Oscillatoria tenuis* (fa. *tergestina?*) ist als Begleiter in den Beständen von *Nostoc microscopicum* nicht selten. Die Schwankungen der Tr-Breite (4.5μ–5.5μ) sind verhältnismäßig gering. Die Zellen sind 2μ–4μ lang, blaugrau, an den Querwänden deutlich granuliert aber kaum eingeschnürt. **Oscillatoriaceen**

10. *Lyngbya erecta* nov. spec. (Abb. 1 und 6A) wurde bereits wegen ihres sinterhemmenden Verhaltens (S. 83) erwähnt. Die etwa 1-3 mm dicken Polster gleichen mit ihrer inneren Zonung denen von *Rivularia haematites*. In tieferen Schichten finden sich zwischen meist leeren Scheiden sandige Sintereinlagerungen.

Die etwa 2μ breiten Fäden stehen sehr dicht (waagrechte Dichte meist 0) und regelmäßig gerade oder schwach wellig gebogen. Scheiden überragen das obere Tr-Ende manchmal, jedoch kaum um mehr als um 2μ–3μ. Die Scheiden, die dünn, fest und farblos sind und durch Chlorzinkjod kräftig gebläut werden, sind in den unteren Teilen häufig leer, während sich die verhältnismäßig kurzen Tr oben zusammendrängen. — Die 1.7μ–2.1μ breiten, lebhaft blaugrünen Tr sind meist kurz (durchschnittl. um 100μ) und werden kaum über 200μ lang. Abgeschnürte kurze Tr-Stücke sind sehr häufig, haben selten über 5 Zellen und bilden damit Übergänge zu Ho. Die Tr scheinen am oberen Ende manchmal sehr wenig (etwa 0.1μ) verjüngt zu sein. Die Endzelle ist hier stumpf abgerundet, während die untere Endzelle eben merklich spitzer ist.

Die Tr schieben sich in kurzen, oft nur Ho-artigen Stücken nach oben aus der Scheide, ein Vorgang, der offenbar bei der Sinterhemmung mitwirkt und eine sehr dichte und feste Polsteroberfläche entstehen läßt. Die Zellen sind etwa quadratisch, häufiger etwas kürzer als breit, ½ bis 1½mal so lang wie breit. Nur an den oberen Tr-Enden und an typischen Ho sind Einschnürungen deutlich. Manchmal sind die an den Querwänden gelegentlich mit Körnchen besetzten Zellen schwach voneinander abgesetzt.

Der Lagerbildung nach wird zuerst eine *Rivulariacee* erwartet. Da Hz völlig fehlen, könnte vielleicht eine *Homoeothrix* vorliegen. Nachdem ferner jedoch weder nennenswerte Tr-Verjüngungen noch Scheinverzweigungen zu finden sind, muß die Art bei den *Oscillatoriaceen* untergebracht werden und ist hier zu *Symploca* oder zu *Lyngbya* (*Leibleinia*) zu stellen. Dabei deuten sich unter den Blaualgen, die bei aufrecht stehenden Fäden Rasen oder bei engerem

Zusammenschluß Polster bilden, tiefere Zusammenhänge, vielleicht genetischer Art an, die die gültige Systematik in Frage stellen:

Tr nach oben verjüngt, Hz wenigstens basal vorhanden:
Rivulariaceen

Tr nach oben verjüngt, Hz fehlen:
Rivulariaceen in geringer AE;
Homoeothrix u. a.

Tr nach oben kaum verjüngt, Hz fehlen:
1. wie vorige
2. *Lyngbya, Symploca*

Tr nicht verjüngt, Hz fehlen:
Lyngbya, Symploca

11. *Schizothrix penicillata* (Abb. 6 C), wurde dicht unter dem Spiegel in Quelle B_5 häufig gefunden. Die flutenden Büschel sind 1–2 mm lang, lebhaft blaugrün bis spangrün und gedeihen nur im Quellbecken selbst und im quellnächsten Abflußabschnitte unter vermindertem Lichtgenuß. Tr sind 2μ–4μ breit. Die dünnen farblosen Scheiden, die ein oder wenige Tr enthalten, werden durch Chlorzinkjod deutlich gebläut und sind oft miteinander verklebt. Die Zellen sind ⅓ bis 1mal so lang wie breit (meist ½) und an den Querwänden in der Regel schwach eingeschnürt. — Ungewöhnlich häufig und auffällig sind Stauchungen außerordentlichen Umfangs. Sie stellen geradezu das stärkst ausgeprägte Merkmal dar und führen zur Bildung unförmiger Kolben aus aufgewickelten Tr. Diese Kolben können bis 20μ breit und über 80μ lang werden.

12. *Schizothrix* spec. Bisher war noch nicht zu entscheiden, ob es sich bei Proben aus verschiedenen Austritten um eine oder mehrere Arten dieser Gattung handelt. In A_7 ist nicht lagerbildend eine Art mit 2μ–3μ breiten Fäden und 1.8μ–2.5μ breiten Tr häufig (Abb. 6 B). Ihre Zellen sind etwa quadratisch bis 1½mal so lang wie breit und enthalten oft einzelne grobe Körner. Die Querwände sind oft undeutlich, manchmal abgesetzt und selten, eben erkennbar, eingeschnürt. Der Tr-Durchmesser ist bei den auch hier außerordentlich häufigen umfangreichen Stauchungen auf beiden Seiten der Fadenschwellungen oft verschieden. Die Fäden sind mäßig bis stark gebogen und locker verflochten. Die Scheiden, die meist ein, selten mehr als zwei Tr enthalten, werden durch Chlorzinkjod deutlich gebläut. Die wichtigsten Begleiter sind *Synechocystis aquatilis* und *Microcystis* spec.

In geringer Menge kommen meist einzelne *Schizothrix*-Fäden mit 1.5μ–2μ dicken Tr und Zellen, die mehrmals länger als breit sind,

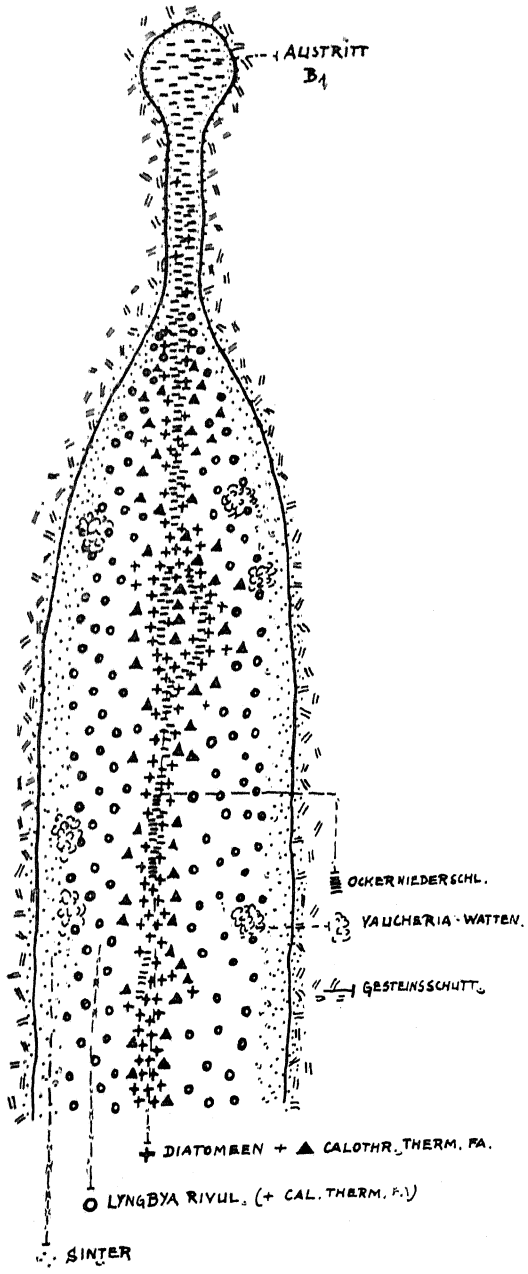


Abb. 8: Ingliederungsschema des B_1-Raumes (Erkl. im Text).
Berichtigung: Auf dieser Abb. ist „Lyngbya rivul." durch Lyngbya erecta zu ersetzen.

in B_7 und zusammen mit *Nostoc minutissimum* im Abfluß von B_1 vor. Stauchungen wurden an diesen nicht gefunden. Ob sie zur gleichen Art gehören oder ob gar alle erwähnten *Schizothrix*-Funde trotz erheblicher morphologischer Abweichungen vielleicht zu *penicillata* zu stellen sind, ist vorläufig unklar (Abb. 6 E).

Alle weiteren Blaualgenarten, wie *Phormidium laminosum* zusammen mit *Nostoc microscopicum*, unbestimmbare *Calothrix*-Fäden und andere sind nur spärlich in den Beständen der schon aufgeführten Arten zu finden.

Ergebnisse

Zusammenfassend fällt auf, daß fast alle hier genannten Blaualgen ± starke gestaltliche Abweichungen gegenüber den Artbeschreibungen aufweisen. Von der Aufstellung besonders benannter Formen wurde trotzdem abgesehen, da offenbar die Standortbedingungen tiefgreifende Einflüsse auf die Formbildung ausüben. Neben diesen Umständen verdienen vor allem die folgenden Befunde in systematischer Hinsicht Beachtung:

a) Lagerbildung bei *Synechocystis aquatilis* und Übergänge zu fa. *minor;*
b) *Scytonema*-ähnlicher Wuchs bei *Hapalosiphon fontinalis;*
c) Standortformen von *Calothrix thermalis* (vgl. S. 94);
d) Hz-Armut und Hz-Losigkeit bei dieser und den 3 *Nostoc*-Arten;
e) morphologisch-ökologische Beziehungen zwischen polster- und rasenbildenden Blaualgenarten;
f) Häufigkeit von Stauchungen bei *Cal. therm.* und *Schizothrix* in geringer AE.

F. Wasserwirkungen auf lebendige Vorgänge und Gestalten.

Ingliederung

Infolge der Neuartigkeit der nachstehenden Beobachtungen und Fragestellungen und der bisher noch dürftigen Erfahrungen auf diesem Gebiete wird der Leser um Nachsicht gebeten, wenn manche Sachverhalte nur unklar angedeutet werden können oder andererseits, um das Kennzeichnende hinreichend zu betonen, ohne genügende Beweisstützen zur Unterlage von Folgerungen gemacht werden. Die hier mitgeteilten Befunde sind lediglich vorläufige und keine endgültigen Ergebnisse.

a) **Zur Ingliederung:** Abb. 8 ist eine schematische Skizze von der räumlichen Verteilung der einzelnen hier besprochenen Besiedlungen im Austritts- und Abflußraum von B_1. Ein innerer Raum mit geringster AE, der Austritt selbst eingeschlossen, wird von Blaualgen nicht erreicht. Das Wasser ist hier stark mit CO_2 übersättigt, der Grund von Ockerausfällungen bedeckt. Am Boden der daran anschließenden Abflußrinne gedeihen, durchsetzt von lockeren, sandig-krümeligen und

ockerreichen Sintern, massenhaft mehrere Arten von Diatomeen, in deren Bestände sich mit zunehmender AE die quellnahe Form von *Cal. therm.* immer stärker einmischt. Diese tritt mit weiter zunehmender AE mehr und mehr in den Vordergrund und wandelt sich gleichzeitig, vielleicht gefördert durch Einwirkung von Spritzwasser aus einem vorüberfließenden Bache, in die quellferne Form um. (Die ganze Abflußstrecke vom Austritt bis zur Mündung in den eben erwähnten Bach beträgt weniger als 10 m). Soweit die randwärts an die Abflußrinne anschliessenden, z.T. fast senkrechten Sinterflächen nicht nur mit Saugwasser versorgt und deshalb kahl sind, sondern von Spritzwasser oder breitfließenden Nebenadern des Abflusses genügend gut versorgt werden, sind sie von ausgedehnten *Lyngbya erecta*-Polstern überzogen. Besonders an der Außengrenze dieser Flächen sind *Vaucheria*(?)-Watten, die jedoch in der Uferlinie auch bis in geringste AE vordringen können und dort stark versintern, anzutreffen.

Aus der so skizzierten Besiedlung können Schlüsse über die geringste AE für die einzelnen Arten gezogen werden. Es ergibt sich folgende Reihe:

1. Diatomeen und *Vaucheria*(?)
2. *Calothrix therm.* quellnah
3. *Calothrix therm.* quellfern mit verschiedenen Begleitern
4. *Lyngbya erecta*

Demnach liegt hier der durchaus nicht gewöhnliche Fall vor, daß Kieselalgen und grüne Algen in geringere AE vordringen als Blaualgen. In anderen Quellen von Masutomi wird jedoch die geringste AE, in der stets Diatomeen und *Vaucheria* auch auftreten, von *Synechocystis aquatilis* und *Schizothrix* erreicht.

Zellformen

b) **Über Zellteilung und Zellgrößen:** An allen Proben von *Synechocystis aquatilis* fällt die ungewöhnliche Häufigkeit von Teilungsformen (von eben beginnenden Einschnürungen bis zu sich noch eben abplattenden zusammenhängenden Zellpaaren) auf. Zählungen an 3 verschiedenen Proben ergeben die in Tab. 1 wiedergegebenen sehr unterschiedlichen Werte für die relative Häufigkeit von Teilungsformen. Ein sich gegenseitig abplattendes Zellpaar wurde dabei als eine Teilungsform gezählt. Mit solchen Zählungen soll ein Maß für die Häufigkeit des Teilungsvorgangs gewonnen werden. Wenn auch noch kritische Prüfungen dieser hier eingeführten Arbeitsweise erforderlich sind, so darf doch allgemein festgestellt werden, daß die Teilungshäufigkeit in verschiedenen Quellen verschieden groß ist. Vermutlich wirkt sich hier die Radioaktivität, die als eine „Unausgeglichenheit" aufzufassen ist, fördernd aus. Dabei bleibt jedoch ferner noch zu untersuchen, wie groß die Wachstumsgeschwindigkeit an den verschiedenen Standorten

Quellgebiet:	Masutomi, Austrittsraum von B1		Nakabusa, Hauptquellen und Nebenaustritt der Gruppe A (näheres später!)		
Standort:	quellfern	quellnah	quellfern	quellnäher	quellnah
tA und AE	24.1°/8 – 10m	24.1°/5 – 6m	ca 40°/2m	91°/1.5m	91°/1m
tS (etwa)	16° – 19°	22° – 23°	80°	35°	>45°
Wasserverhältnisse:	berieselt und feucht	berieselt und überströmt	berieselt und in Saugwasser	in Saugwasser	in Spritzwasser
Lager:	gallertig-rasiges Mischlager	dünner Rasen	filziger Rasen	Strömungsrasen auf fleischiger Grundlage, zäh	
Lagerfarbe:	oliv- bis schmutzig grün	braungrün	oliv- bis schmutzig blaugrün	dunkel olivbraun	rotstichig olivbraun
Fäden:	lang	meist kurz	mehrere mm lang	etwa 2 mm lang	bis 1.5 mm lang
basale Tr-Verdickung:	deutlich	schwach	schwach	schwach	sehr schwach oder fehlend
Haar:	gewöhnlich lang	nur ausnahmsweise, dann kurz	gewöhnlich lang	häufig kurz	kurz oder fehlend
interkalare Hz:	selten	sehr selten	selten	selten	sehr selten
basale Hz:	häufig vorhanden	sehr selten	nicht regelmäßig	nicht häufig	spärlich
Scheiden:	derb, geschichtet, gelb bis braun	dünn, farblos, selten gelblich	derb, basal und innen meist gelbbraun	mäßig dick, meist farblos, manchmal gelblich	dünn, farblos, glatt, nicht geschichtet
Chlorzinkjod:	bläut Scheiden kräftig	bläut Scheiden nicht	bläut Scheiden kräftig	bläut Scheiden schwach	bläut Sch. nicht, ausnahmsweise sehr schwach
bas. Querwandeinschnürungen:	stark	schwach	deutlich	sehr schwach	fehlen
Formenreichtum:	groß	gering	mäßig	gering	sehr gering

Tabelle 4: Formabhängigkeiten von der AE bei *Calothrix thermalis* aus Masutomi und Nakabusa (19.9.42)

ist. Die Unterschiede im Zelldurchmesser zeigen, daß Wachstumsgeschwindigkeit und Teilungshäufigkeit wahrscheinlich nicht vollkommen voneinander abhängig und keineswegs gleichzusetzen sind. Schließlich sind noch die Ernährungsbedingungen von etwaigen stoffwechselfördernden Wirkungen eines Wassers zu trennen. Die sich damit abzeichnenden Fragen sind sachgemäß am besten im Freilandversuch zu bearbeiten.

Die als ziemlich sicher anzunehmende teilungsfördernde Wirkung dieses umraumfremden Wassers tritt auch bei anderen Arten auf und dürfte demnach allgemeinere Gültigkeit haben. Bei *Cal. therm.* im Raume von B_1 ließ sich zeigen, daß AE-Abhängigkeiten vorliegen, die gestaltliche Veränderungen verursachen. Diese Feststellung widerspricht der angenommenen Beteiligung radioaktiver Wirkungen nicht.

c) **Über Stauchungen:** In geringer AE treten bei zwei *Schizothrix*-Arten (Abb. 6 B, C) und bei *Cal. therm.* umfangreiche Stauchungen häufig, bei den erstgenannten sogar in außerordentlicher Zahl auf. An letzterer Art wurden entsprechende Erscheinungen auch in Nakabusa (Abb. 4) und in geringerem Umfange in Lo Valdés (bei Santiago de Chile) beobachtet. Genauere Untersuchungen versprechen mancherlei Aufschlüsse über zellphysiologische Wirkungen umraumfremder Wässer. Im Einzelnen ist eine Klärung bisher noch nicht möglich. Voraussetzung für die Bildung von Stauchungen sind jedenfalls: feste Scheiden, gehemmte Beweglichkeit der Tr in ihnen, hohe Wachstumsgeschwindig- und Teilungshäufigkeit. Tr-Stauchung

d) **Formabhängigkeiten von der AE:** Die Tabellen 2, 3 und 4 zeigen eine Reihe von AE-abhängigen Veränderungen in Form und Farbe für *Cal. therm.* in Masutomi und Nakabusa. Die Übereinstimmung der Befunde an den beiden Standorten, die in ihren chemischen und physikalischen Bedingungen doch sehr verschieden sind, ist überraschend und kann nur als weiterer Beleg für die außerordentliche biologische Bedeutung der AE, d. h. der umraumfremden Unausgeglichenheiten gedeutet werden. Wie Abb. 5 belegt, wirkt die Verringerung der AE gleichzeitig verbreiternd auf das Tr und infolge Erhöhung der Teilungshäufigkeit zellverkürzend. Wie weit bei letzterem Vorgange mechanische Umstände (S. 40) mitsprechen, ist unklar. AE

Zusammenfassend ergibt sich, daß eine Verringerung der AE in folgendem Sinne wirken kann:

1. die Hz werden vermindert,
2. die Zellen werden breiter und kürzer,
3. Tr-Verjüngungen werden vermindert, damit erfolgt eine Annäherung an die *Oscillatoriaceen*-Gestalt,
4. Scheiden werden zarter und farbloser.

5. Scheinverzweigungen werden seltener.

Alle diese Erscheinungen beweisen wiederum die hohe ökologische Formbarkeit und damit die Fragwürdigkeit mancher systematischer Grundlagen bei den Blaualgen.

Ferner ist klar, daß sich hier Wege eröffnen, die eine biologische Klärung mancher balneologischer Probleme erhoffen lassen. In jedem Falle werden diese Wege über den ökologischen Freilandversuch führen müssen.

G. Zusammenfassender Schluß.

In vorstehenden Mitteilungen wird über eine Reihe ökologischer Befunde an den Quellen von Masutomi berichtet, deren tA zu niedrig liegt, als daß sie ein entscheidendes Merkmal für die Umraumfremdheit dieser Gewässer sein könnte. Die bei weitem größten Wirkungen müssen vielmehr chemischen „Unausgeglichenheiten" zugeschrieben werden. Zu ihnen muß auch das balneologisch und hydrologisch-geochemisch auffälligste Merkmal dieser Gewässer, ihr hoher Rn- und z. T. auch Ra-Gehalt gerechnet werden. Von einer unmittelbaren Bezugnahme auf geochemische Untersuchungsergebnisse, wie sie vorstehend von **Oana** und **Kuroda** behandelt werden, wird im einzelnen vorläufig abgesehen. Diese Auswertungsmöglichkeiten sollen vielmehr späteren Arbeiten vorbehalten bleiben.

Sinterung, eine Äußerung chemischer Unausgeglichenheiten, kann durch Algen beeinflußt werden. Die Rolle, die Lebewesen bei Sintervorgängen und -formbildungen spielen, ist auch deshalb so verwickelt und unübersichtlich, weil diese Vorgänge schon ohne lebendige Einflüsse keineswegs einfach sind und sehr mannigfaltige Formen entstehen lassen.

Die Besiedlung der Quellen ist sehr artenreich und stark. In ihrer Zusammensetzung zeigt sie eine Reihe umraumfremder Merkmale. Die häufigeren Blaualgen weichen morphologisch sämtlich ± stark von bekannten typischen Arten ab. In der Ingliederung der Lebensräume, Wechseln der Zellteilungshäufigkeit und einigen gestaltlichen Eigentümlichkeiten wirken sich in erster Linie „Unausgeglichenheiten" aus, für deren Umfang die AE gewisse Anhaltspunkte bietet. Die hierzu mitgeteilten Befunde können jedoch vorerst nur als vorläufige Ergebnisse gewertet werden, weshalb von naheliegenden Schlußfolgerungen einstweilen noch abgesehen wird.

Karuizawa, den 8. 10. 1942.

SCHRIFTTUM

Um Wiederholungen zu sparen, wird im folgenden für alle vorstehenden Beiträge ein gemeinsames Schrifttumsverzeichnis gebracht. Die in den einzelnen Beiträgen enthaltenen Hinweise (eingeklammerte, fette Zahlen) verweisen auf die betr. Nummern dieses Verzeichnisses.

1. 1939 **Busse Grewitz, P.** — Wann ist eine Hornhaut tot? — Graefes Arch. f. Ophthalm. Bd. 141, S. 59/71, Berlin. (Außerdem briefl. Mitteilungen).

2. 1933 **Emoto, Y.** — Die Mikroorganismen der Thermen. (Eine historische Übersicht über die Erforschung der Thermalmikroorganismen). — Botan. Magaz. 47, S. 268–295, Tokyo.

3. 1925 **Geitler, L.** — Cyanophyceae. — Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz, Heft 12, Jena.

4. 1936 — — u. **F. Ruttner** — Die Cyanophyceen der Deutschen Limnologischen Sunda-Expedition, etc. — Arch. f. Hydrobiol. Suppl. — Bd. XIV, Stuttgart.

5. 1935 u 1937 **Heller, K., G. Kuhle** u. **F. Machek** — Methode zur Bestimmung von Schwermetallspuren in Mineralwässern. — Mikrochemie 18 (193) und 23 (78).

6. 1929 **Ichiki, M.** — The volcano Kayagatake. — Bull. Earthquake Research Inst. Tokyo Imper. Univ. 7 (380).

7. 1915 **Ishizu, R.** — The Mineral Springs of Japan. — Tokyo

8. 1940 **Kuroda, K.** — Zinc Content of the Hot Springs of Japan. — Bull. Chem. Soc. of Japan, vol. 15, S. 88–92, Tokyo.

9. 1940 — — Lead Content of the Hot Springs of Japan. — ebenda, vol. 15, S.153–155.

10. 1940 — — Copper, Lead and Zinc Content of the Hot Springs of Japan. — ebenda, vol. 15, S. 439–441.

11. 1941 — — The Copper Content of the Hot Springs of Yunohanazawa, Hakone, Kanagawa Prefecture, and that of the Hot Springs of Osoreyama, Aomori Prefecture, — ebenda, vol. 16, S. 69–74.

12. 1941 — — Suppressive Effect of the Mineral Water on the Maximum of Current-voltage Curve with Dropping Mercury Elektrode. — Journ. Chem. Soc. Japan, vol. 62, S. 328–332 (japanisch mit engl. Zusammenfassung), Tokyo.

13. 1942 — — Determination of Silver in Mineral Waters by Dithizone Method. — Bull. Chem. Soc. of Japan, vol. 17, S. 419–423, Tokyo.

14. 1942 — und N. Tanaka, — Analyse des Mineralwassers von Aoki in der Provinz Yamanasi. — ebenda, S. 1–4.

15. 1942 — — Geochemische Untersuchungen an den Thermalquellen von Kusatsu. — Mitt. d. D. Ges. f. Nat.- u. Völkerk. Ostasiens, Bd. XXXIII C, S. 1–13, Tokyo.

16. 1903 **Löwenstein, A.** — Über die Temperaturgrenzen des Lebens bei der Thermalalge ***Mastigocladus laminosus*** Cohn. — Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. 21.

17. 1938 **Madaus, G.** — Meerwasser als Heilmittel. — Jahresbericht Dr. Madaus Co., S. 136–146.

18. 1938 **Majer, V.** — Die polarographische Bestimmung der Alkalimetalle. — Zeitschr. f. anal. Chem. Bd. 92, S. 321–351.

19. 1920 **Molisch, H** — Pflanzenbiologie in Japan. — Jena.

20. 1940 **Nakai, T.** — Radium Content of Mineral Springs in Japan. — Bull. Chem. Soc. of Japan, vol. 15 (363), Tokyo.

21. 1939 **Oana, S.** — Geochemische Untersuchungen der Vulkane in Japan. XVIII. — Dichtemessungen des durch Kondensation von Fumarolendampf erhaltenen Wassers. — ebenda, vol. 14, S. 279–281

22. 1939 ——本邦火山の地球化學的研究(XX)噴氣孔水蒸氣の比重に對する降雨の影響 (Geochemische Untersuchungen der Vulkane in Japan. XX. — Über den Einfluß der Niederschläge auf die Dichte der Fumarolendämpfe. I.) Journ. Chem. Soc. Japan, vol. 60, S. 1005–1007, Tokyo, (japanisch).

23. 1939 ——本邦火山の地球化學的研究 (XXI) 秋田縣駒ケ岳山麓温泉水の重水濃度 (Geochemische Untersuchungen der Vulkane in Japan. XXI. — Die Konzentration der schweren Wasserisotopen in Quellwässern bei den Thermen am Fuße des Komagatake in Akita-Ken.), ebenda, S. 1008–1009 (japanisch).

24. 1912 — — Geochemische Untersuchungen der Vulkane in Japan. XXV. — Dichtemessungen des Wassers aus Fumarolen von dem Vulkan Yakedake. II. — Bull. Chem. Soc. of Japan, vol. 17, S. 302–304.

25. 1912 — — Geochemische Untersuchungen der Vulkane in Japan. XXVI. — Dichtemessungen des Flußwassers. I. — ebenda, S. 314–320.

26. 1942 — — Geochemische Untersuchungen der Vulkane in Japan XXVII. Dichtemessungen der Solen aus Gas- und Petroleumbohrlöchern auf Taiwan (Formosa). ebenda, S. 377–379.

27. 1942 — — Schweres Wasser im Thermalwasser von Kusatu. Mitt. D. Ges. f. Nat. u. Völkerk. Ostasiens, Bd. XXXIII C, S. 15–19, Tokyo.

28. 1940 u. **K. Kuroda** — Geochemische Untersuchungen der Vulkane in Japan. XXIV. — Radongehalt von Mineralwasser in Masutomi. — Bull. Chem. Soc. of Japan, vol. 15, S. 55–456.

29. 1937 **Okada, Y.** — Occurrence of Masses of Gelatinous Microbes in the Soil. — Soil Science, (USA) vol. 43, No. 5, (Hier weiteres Schrifttum!)

30. 1940 **Scaramelli, G. u. M. Riccioni** — Sul potere soppressivo di alcune acque minerali. — Boll. Scient. Fac. Chim. Indust., vol. 3, S. 94–98, Bologna.

31. 1936 **Schwabe, G. H.** — Beiträge zur Kenntnis isländischer Thermalbiotope. — Arch. f. Hydrobiol. Supp. Bd. VI, S. 61–352, Stuttgart. (Hier weiteres Schrifttum!).

32. 1936 — — Über einige Blaualgen aus dem mittleren und südlichen Chile. — Verh. D. Wiss. Ver. Santiago, N. F. Bd. 3, S. 113–146, Santiago de Chile.

33. 1936 — — Über Thermalbiotope in Südchile. — ebenda, S. 147–174.

34. 1942 — — Thermalökologische Beiträge aus Kusatu. — Mitt. D. Ges. f. Nat.- u. Völkerk. Ostasiens, Bd. XXXIII C, S. 25–56, Tokyo.

35. 1942 — Zur Ökologie umraumfremder Quelllen. — Botan. Mag., Dezemberheft, Tokyo.

36. 1939 **Shibata, Y., K. Noguchi u. O. Kaneko** — Geochemische Untersuchungen der Vulkane in Japan. IX. — Bestimmung des Schwerwassergehaltes von dem in der Nähe des Vulkans Asama befindlichen Quellwasser. — Bull. Chem. Soc. of Japan, vol. 14, S. 274–279.

37. 1935 **Takahashi, M.** — Studies on „Tengu-no-mugimeshi" a Mass Vegetation of Microorganisms Indigenous to some Volcanic Regions in the middle part of Japan proper. — Journ. Japan. Botany, vol. XI, No. 4, Tokyo.

38. 1923 **Vouk, V.** — Probleme der Biologie der Thermen. — Internat. Rev. Hydrob. u. Hydrogr., Bd. 11, S. 89–99, Leipzig.

39. 929 — — On the Origin of the Thermal Flora. — Proc. Internat. Congr. Plant. Sc., Cambridge.

Über das Radiumbad Masutomi und über umraumfremde Quellen

昭和十八年四月五日印刷
昭和十八年四月十日發行

著者　ケー・ハー・シュワーベ
神奈川縣箱根宮ノ下
小穴進也
東京帝國大學理學部
黑田和夫
東京帝國大學理學部

發行所　逸逸東亞細亞研究協會
東京市麹町區平河町二丁目七番地
會員番號二二〇〇四七

印刷所　太平洋社印刷所
東京市芝區田村町十六番地
電話（芝）〇九九八番
會員番號東東一〇七八

Tabelle 2: Übersicht sämtlicher neuerer Bestimmungen an den Quellen von Masutomi.

ZEIT DER UNTERSUCHUNG	Gruppenbenennung	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}
	Name	金泉湯 Kinsen-tô	津金樓第一 Tugane-rô Nr. 1	津金樓第二 Tugane-rô Nr. 2	栃久保一號 Totiku-b N	日受水 Hiuke-sui	—	丹生澤 Nibu-zawa	鹽の澤 津金湯 Sio-no-sawa-tugane-yu	巖頭噴泉 Gantô-hunsen	栗平一號 Kuri-daira Nr. 1	栗平天然風呂 Kuri-daira-tennen-buro	栗平三號 Kuri-daira Nr. 3	東小尾の泉 Higasi-obi-no-izumi	上河原第一 Wade-gawara Nr. 1	上河原第二 Wade-gawara Nr. 2	—
	Schüttungsmenge, l/Min.	25.1			4.5			2.5			2.8		0.9	2.16		1.5	
14		31.5						23.5			16.0				*14.0	21.5	
X 36.	( ), IX. 37	*31.0	*28.0	30.8	*27.0	(*11.2)		*24.0	20.0	20.0	22.0	23.2		25.0	18.0	19.5	
VII 39.		*31.0	29.6	30.1	28.0	14.7		*24.0	20.9	26.0	21.2	23.6	21.4	24.5	22.0	20.5	
X 40.	tA, °C.	31.7	32.3	30.7	27.5	13.5		24.2	*19.0	*16.5	22.3	*21.3	20.0	25.0	19.0	18.8	
X 41.		31.5	30.0	30.5		13.0		24.5	*19.0	17.0	21.2	22.0	*19.0	24.7	18.3	*15.8	12.0
V 42.		31.4		*29.4			27.0	24.3			*20.6			*24.1			
VIII 39.		6.3	6.4	6.4	6.3						6.0			6.3	6.5	6.	
X 40.	pH	6.2	6.3	6.5	6.3	6.0		6.6	6.0	6.2	5.9	6.4	6.0	6.3	6.5	6.0	
X 41.		6.2						7.0	6.1	6.3	5.9	6.5	6.1	6.3	6.3	6.1	5.6
V 42.		6.2					6.4										
X 36.	Abdampfrückstand	* 7.49	8.53	* 8.99	9.42			7.25	4.89	* 2.92	3.62	8.56	7.65	* 9.69	* 3.25	* 7.12	
V 1 39.		8.33	9.34	9.66	* 3.07	* 4.05		16.20	4.84	4.11	3.72	8.95	6.67	10.17	5.63	7.32	
X 41.	g/l	7.56	* 7.50			6.78		7.28	* 4.41	4.14	* 2.94	* 8.42	* 6.35	9.85	7.10	7.32	
VII 39.		* 3.195	3.786	* 3.931	* 3.934	2.699		3.360	* 1.935	* 1.692	1.365	* 3.722	* 2.731	* 4.183	3.032		
X 40.	Chlor, g/l	3.306	4.207	4.034	4.037	3.289		3.576	2.101	1.910	1.742	4.129	2.740	4.236	3.181	* 2.056	
X 41.		3.212	* 3.244			* 2.674		* 3.360	1.991	1.774	* 1.294	3.779	2.825	4.231	* 3.011	3.288	
VII 39.		* 0.535	0.535	0.576	* 0.705	0.800		* 0.478	0.282	* 0.248	* 0.180	* 0.510	0.407	* 0.535	0.441	0.330	
X 40.	Sulfat, g/l	0.572	0.583	0.576	0.759	* 0.759		0.510	0.310	0.310	0.246	0.556	* 0.368	0.571	* 0.431	* 0.288	
X 41.		0.569	* 0,481			0.794		0.484	* 0.279	0.251	0.183	0.549	0.401	0.667	0.478	0.465	
X 40.	Gesamtkohlensäure, g/l	1.447	1.934	1.628	0.756	0.88		0.833	0.022	0.775	1.767	1.098	1.194	1.202		0.961	
X 36.		80	26							35	215			39		64	
VII 39.	Zink, γ/l																
X 40.																	
X 36.	Radium, 10^{-12} g/l	29.30	64.53	*29.39	32.62	39.16		* 6.22	2.46	2.48	* 0.77	26.01	6.56	35.65	* 6.76	11.62	
VII 39.	( ), IX. 37	*21.97	*24.61	30.31	*26.95	*28.71		7.73	* 0.58	* 1.74	1.46	*14.06	* 5.56	*18.89	8.20	* 8.20	0.58
VIII 14.		8.0						1430	859		2140				2890	3010	
X 36.	Radon, 10^{-10} Curie/l	11.9	17.8	14.5	93.2			*1203	* 701	39.5	2097	27.1		*32.4	2139	4889	
VII 39.	( ), im Laboratium	7.5	15.7	12.6	58.6								* 849	33.0		3970	
X 40.	bestimmt	* 5.2	*15.3	9.5	*15.4						2320	*17.4	989	32.8	2470	4370	
X 41.		8.8	16.0	* 9.3							2060	26.9	937	37.1	2380	2240	915
V 42.		8.0					600				* 2020			38.9	* 1530	* 265	
VII 39.	Δd, γ	$+0.0_6$	$+0.5_6$	$+0.5_8$	$+0.2_1$	$+0.1_7$		-0.3_9	-0.5_6	-1.0_5	-0.3_0	$+0.5_1$	-0.1_7	$+0.2_0$		-0.0_4	
X 40.		$+0.0_0$	-0.3_8	$+0.4_3$	$+0.2_6$	-0.1_3		$+0.2_6$	-0.0_5	-0.0_4	-0.1_3	-0.0_5	-0.1_3	-0.2_1	$\pm 0.0_0$	-0.3_4	

ZEIT DER UNTERSUCHUNG	Gruppenbenennung	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8	D_9	D_{10}	D_{11}	D_{12}
	Name	銀泉湯 上の湯 Ginsen-tô-kami-no-yu	銀泉湯 古湯 Ginsen-tô-huru-yu	銀泉湯 中の湯 Ginsen-tô-naka-no yu	銀泉湯 下の湯 Ginsen-tô simo-no-yu	大柴 Ôsiba	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Schüttungsmenge, l/Min.																		
14			*29.5			19.0													
X 36.	( ), IX. 37	28.5	31.0	22.0	*17.0	*22.5			(*11.5)	(13.7)	(18.5)			(13.8)					
VII 39.		28.5	30.0	27.0		22.6	29.1	11.3	14.7	11.8	*11.9	14.1	14.4	17.8	18.0	15.5	14.0	16.5	16.1
X 40.	tA, °C.	25.9	31.3	*21.9	19.4	23.2	*22.0	*11.2	12.0	*11.2			*14.0	18.0					
X 41.		*25.0	31.3	22.0	17.8	*22.5	25.2												
V 42.					18.0														
VIII 39.		6.5	6.5	6.7		6.4	6.6	3.8	5.4	* 3.8	4.0	4.0	5.8	6.0	5.9	5.5	3.7	5.6	5.5
X 40.	pH	6.9	6.5	6.7	6.4	6.4	6.5		5.4	3.8			5.6	5.6					
X 41.		6.9	6.5	6.5	6.4														
V 42.																			
X 36.	Abdampfrückstand	9.64	10.30	* 9.72	* 9.78	9.40													
V 1 39.			11.18	10.61	11.33		10.15	0.2	0.35	0.27	0.20	0.11	0.39	1.58	1.67	1.54	3.08	3.70	0.41
X 41.	g/l	* 9.35	* 9.90	10.85	9.95	* 9.16	9.78												
VII 39.		4 488	4.601	* 4.399	* 4.225	4.225	4.413												
X 40.	Chlor, g/l	4.564	4.626	4.567	4.606	4.198	4.340		0.046				0.019	0.399					
X 41.		* 4.175	* 4.427	4.574	4.596	* 4.032	* 4.282												
VII 39.		* 0.556	0.583	0.551	0.556	0.535	0.561												
X 40.	Sulfat, g/l	* 0.556	* 0.572	* 0.535	* 0.545	* 0.580	* 0.514		0.078	0.048			0.052	0.320					
X 41.		0.562	0.605	0.610	0.570	0.569	0.529												
X 40.	Gesamtkohlensäure, g/l	1.040	0.866	0.816	1.577	0.5[illegible]7	1.278			0.019			0.101	1.089					
X 36.			80	78				224	88	164	102	126	80	102	60	64			
VII 39.	Zink, γ/l							102						40					
X 40.																			
X 36.	Radium, 10^{-12} g/l	7.35	9.39	* 0.43	3.42	2.68			(* 0.00)	(0.00)	(1.76)			(71.81)					
VII 39.	( ), IX. 37	* 5.68	* 6.50	0.58	* 2.05	* 1.93	.83	0.46	0.46	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.74	1.22	<0.5	0.58	1.04	1.33
VIII 14.			* 375			*1010													
X 36.	Radon, 10^{-10} Curie/l	378	556	*42.0	* 153	1318								(58.4)					
VII 39.	( ), im Laboratium												9.6	*10.1					
X 40.	bestimmt	* 111	481	116	830	1550	62.2												
X 41.		312	414	73.5	1255	1190	67.7												
V 42.					1490														
VII 39.	Δd, γ	$+0.7_7$		$+0.7_2$	$+0.4_7$	$+0.0_4$	$+0.1_7$												
X 40.		$+0.2_1$	$+0.2_6$	-0.0_5	-0.5_1	-0.0_4	$+0.3_6$												

ZEIT DER UNTERSUCHUNG	Gruppenbenennung	E_1	E_2	Flusswasser aus	Flusswasser aus
	Name	和田鉱場鐵泉 Wada-matuba-kôsen	津澤黑森鐵泉 Siosawa kuro-mori-kôsen	Honta-nigawa bei A_5	Kama-segawa bei E_1
	Schüttungsmenge, l/Min.				
14					
X 36.	( ), IX. 37	13.0	12.0	16.0	13.3
VII 39.		11.5		0.9	*10.0
X 40.	tA, °C.	12.5		9.9	
X 41.		12.0	11.2	* 9.1	
V 42.					
VIII 39.		6.4			
X 40.	pH	6.5			
X 41.					
V 42.					
X 36.	Abdampfrückstand	*18.34	* 4.46		
V 1 39.		15.06			
X 41.	g/l	13.90	4.81		
VII 39.		7.656		0.0167	
X 40.	Chlor, g/l		2.141	0.0070	0.0169
X 41.		* 6.963			
VII 39.		0.006		0.024	0.006
X 40.	Sulfat, g/l	0.003		0.016	
X 41.		0.000	0.003		
X 40.	Gesamtkohlensäure, g/l	2.615			
X 36.		113			
VII 39.	Zink, γ/l				
X 40.					
X 36.	Radium, 10^{-12} g/l	*82.66	11.57		
VII 39.	( ), IX. 37	84.36			
VIII 14.					
X 36.	Radon, 10^{-10} Curie/l	[17.4]	[7.1]		
VII 39.	( ), im Laboratium				
X 40.	bestimmt	*12.7			
X 41.					
V 42.					
VII 39.	Δd, γ	$+0.3_4$		-0.4_2	
X 40.				-0.6_0	-0.8_9

Anmerkung: Die Höchstwerte sind fett gedruckt, die Tiefstwerte mit Sternchen* bezeichnet.