

ENCYCLOPAEDIA CINEMATOGRAPHICA

Editor: G. WOLF

E 183/1959

Bacillus circulans (Jordan)
Aufbau und Verhalten beweglicher Kolonien

Mit 7 Abbildungen

GÖTTINGEN 1975

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

Bacillus circulans (Jordan)
Aufbau und Verhalten beweglicher Kolonien

K.-E. GILLERT, Berlin

Allgemeine Vorbemerkungen¹

Seit langem sind Bakterienstämme bekannt, deren Kolonien sich als Ganzes über die Oberfläche von Agarnährböden bewegen können. Sie scheinen über die ganze Welt verbreitet zu sein und existieren auf der Erde mindestens seit der Zechsteinzeit (DOMBROWSKI [3]). Die Fähigkeit von ganzen Kolonien sich fortzubewegen, ist jedoch wenig bekannt und beeindruckte viele Beobachter so stark, daß sie entsprechende Namentgebungen vornahmen.

Als erster beobachtete HAUSER [9] über die Nährbodenoberfläche wandernde kleine Kolonien. CHESHIRE u. CHEYNE [2] beschrieben 1 Jahr später als *Bac. alvei* den Erreger der Faulbrut der Bienen, welcher eigentümliche Kolonieförmigkeiten entwickelte. Erst später fand man, daß die Kolonien als Ganzes wandern konnten. Die auffallenden Kolonieförmigkeiten dürften sich aus der Eigenbewegung der Kolonien erklären. Von JORDAN [10] wurde ein Stamm beschrieben und als *Bac. circulans* benannt, dessen Keime sich im Zentrum der Kolonien rasch bewegten, so daß man den Eindruck einer Zirkulation bekommen konnte, wie sie ähnlich bei Protoplasma gefunden wird. Kolonien auch dieses Keimes können über die Nährbodenoberfläche wandern.

MUTO [14] beobachtete einen Keim, bei dem er drei Formen des Wachstums unterschied. Er sah „schneckenartige“, vom bewachsenen Nährbodenbezirk kommende Ausläufer, deren „Kopfteile“ sich rotierend fortbewegten, ferner „rankenförmige“ Ausläufer, welche ohne Rotation

¹ Angaben zum Film und kurzgefaßter Filminhalt (deutsch, englisch, französisch) s. S. 16—18.

wanderten und drittens wolkenartiges Wachstum. Weitere Beobachtungen und Mitteilungen stammen von SMITH u. CLARK [20], MÜLLER [12], BITTER [1], ROBERTS [15], ROSCHDJESTVENSKII u. MEDVINSKAJA [16], RUSS-MÜNZER [17], SHINN [22], TURNER u. EALES [23], MURRAY u. ELDER [13], GILLERT [6], SÄSÄRMAN, GANEA u. DOSPINA [18], [19], SCHERSTOBOJEV [21] sowie KIENHOLZ [11].

Bei den beobachteten Stämmen lassen die sich bewegenden Kolonien kein stereotypes Aussehen erwarten. Drei charakteristische Kolonienformen lassen sich jedoch deutlich unterscheiden:

1. gestreckte Wanderformen (Projekttil-, Herz- oder Kometenform)
2. kalottenförmige, rotierende Kolonien und
3. Ringkolonien.

Daneben ist kolonieloses Wachstum in flächiger Ausbreitung (Schwärmform) möglich.

1. Gestreckte Wanderformen verlassen als Bakteriengruppen die Masse der übrigen Mikroorganismen und ziehen gemeinsam in geraden oder gekrümmten Bahnen über den noch nicht bewachsenen Nährboden (Abb. 1 und 2).

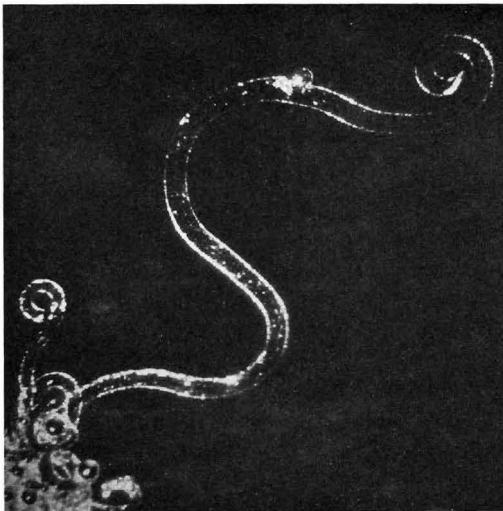


Abb. 1.

Spur des Weges einer gestreckten Wanderform; mehrmaliger Richtungswechsel

(Vergr. ca. 10 ×)

Auf dem Wege zurückgebliebene Stäbchen sind in der Lage, sich zu vermehren und neue Kolonien zu bilden. War ein Nährbodenbezirk schon vorher bewachsen, so werden im Wege liegende Keime in den Kolonieverband aufgenommen oder beiseite geschoben (Abb. 3).

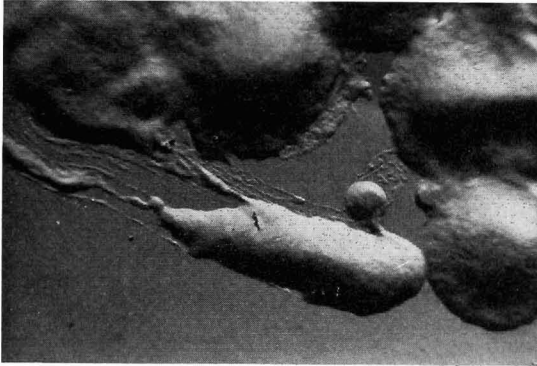


Abb. 2. Außergewöhnlich voluminöse, gestreckte
Wanderform
(Vergr. ca. 30 ×)

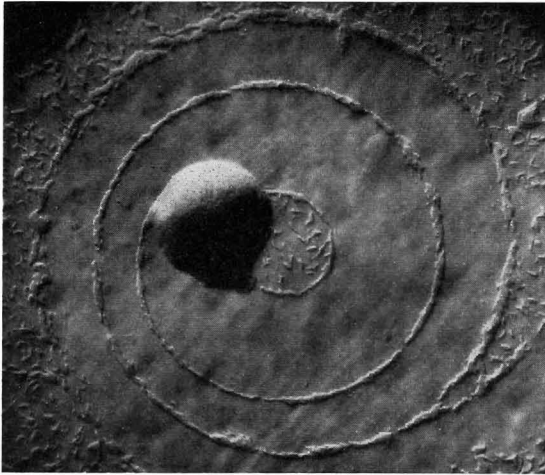


Abb. 3. Spiraliges Endstück des Weges einer
gestreckten Wanderform
(Vergr. ca. 100 ×)

Gruppenbildungen von länglicher Form kommen auch in dem von den Bakterien gebildeten Rasen vor, lassen sich dort jedoch schwerer beobachten und sind auch als Gruppen nicht sehr beständig. Die gestreckten

Wanderformen setzen sich überwiegend aus Stäbchen zusammen, können aber auch einzelne lange Bakterienfäden mit sich führen.

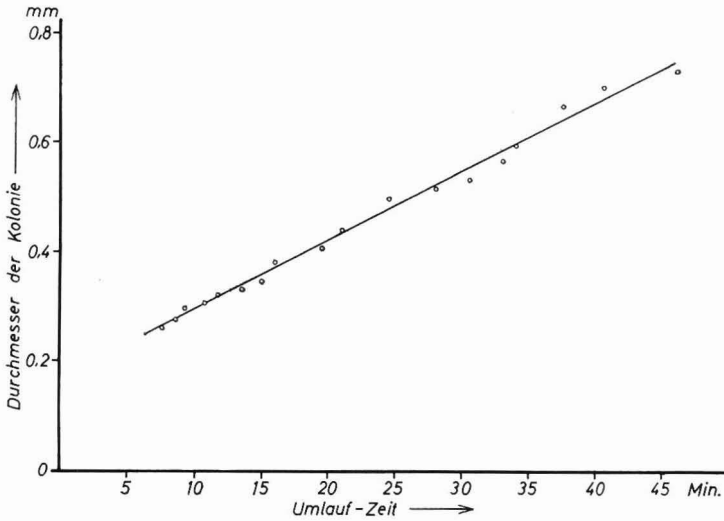
Die gestreckte Wanderform kann in der Bewegungsrichtung eine kreisrunde Begrenzung haben. Die Rundung kann auch sehr stark sein und spitz wirken (Projektilform). Die hintere Begrenzung kann konkav oder gerade sein und ist oft an den Seiten mehr oder weniger lang nach hinten ausgezogen. Die in Fortbewegungsrichtung liegende Seite, sozusagen der Bug dieser Kolonief orm, steigt zu mehrschichtiger Höhe steil an. Nach hinten zu nimmt die Höhe meist langsamer ab, oft erkennt man dort den schichtweisen Aufbau der Kolonien an den beiden untersten Lagen. Beendet eine gestreckte Wanderform ihre Bewegung nicht aus äußeren Gründen, wie z. B. Mangel an Feuchtigkeit, so krümmt sich ihre Bahn zu immer engeren spiraligen Windungen (vgl. Abb. 1 und 3). Endlich nimmt sie — an einem festen Ort sich drehend — die Kalottenform an. Diese läßt sich später morphologisch von anderen rotierenden kalottenförmigen Kolonien nicht unterscheiden.

Mehrfach wurde beobachtet, daß gestreckte Wanderformen ihre Koloniegestalt aufgeben können. Die Stäbchen einer mehrschichtigen Kolonie, die schon bei einer Ortsveränderung von mehreren Millimetern beobachtet worden war, eilten in solchen Fällen wie auf eine Information hin aus dem Kolonieverband heraus, wodurch dieser als solcher zu existieren aufhörte.

2. Kalottenförmige Kolonien können ruhen oder an Ort und Stelle rotieren. Rotierende Kolonien können an Ort und Stelle verharren oder sich fortbewegen. Feuchtigkeit, Temperatur und Koloniedurchmesser beeinflussen — neben anderen Faktoren — die Rotationsgeschwindigkeit am stärksten. Je größer eine Kolonie im Laufe ihres Wachstums wird, um so langsamer rotiert sie (s. graphische Darstellung auf Seite 7).

Die Rotation kann im Uhrzeigersinn oder entgegengesetzt erfolgen. Eine Änderung des Drehsinns kommt vor (GILLERT [5]). Rotierende Kolonien können sich teilen, so daß zwei gleich- oder gegensinnig rotierende Kolonien entstehen. Es wurde auch beobachtet, daß sie in der Lage sind, mit anderen Kolonien, besonders mit gestreckten Wanderformen, zu verschmelzen (GILLERT [6] u. [8]).

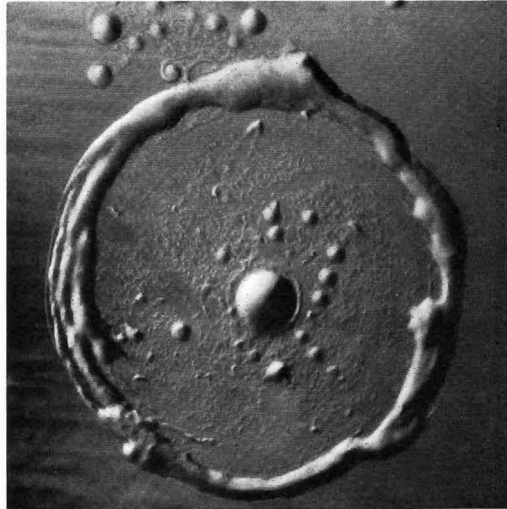
Ringförmige Kolonien entstehen aus rotierenden kalottenförmigen Kolonien, indem sich das Zentrum der Kolonie abflacht und weiter senkt, bis die Nährbodenoberfläche frei liegt. Der Ring erweitert dabei seinen Durchmesser, meist deutlich sichtbar. Die Einsenkung kann so erfolgen, daß in der Mitte noch ein Rest der Bakterienmasse verbleibt, der dann in Kalottenform wie eine Insel innerhalb der ringförmigen Kolonie liegt bzw. rotiert (Abb. 4).



Graphische Darstellung:

Abhängigkeit der Umlaufzeit vom Durchmesser der Kolonie

Abb. 4. Ringkolonie von ungewöhnlich großem Durchmesser mit einer größeren, zentral gelegenen und mehreren kleineren Kolonien. Die Ringkolonien sind meist gleichmäßiger geformt (Vergr. ca. 18 ×)



Im weiteren Verlauf, d. h. wenn nicht störende Faktoren zur Geltung kommen, können aus Ringkolonien wieder kalottenförmige Kolonien werden. Das ist möglich durch allmähliche Verengerung des Ringes

oder durch Aufspulen auf eine rotierende kalottenförmige Kolonie (Abb. 5).

Für eine Verschmelzung durch Aufspulung sind nicht alle Kolonien in gleicher Weise geeignet. Eine Aufspulung wurde nur bei gleichläufigem Drehsinn beobachtet.

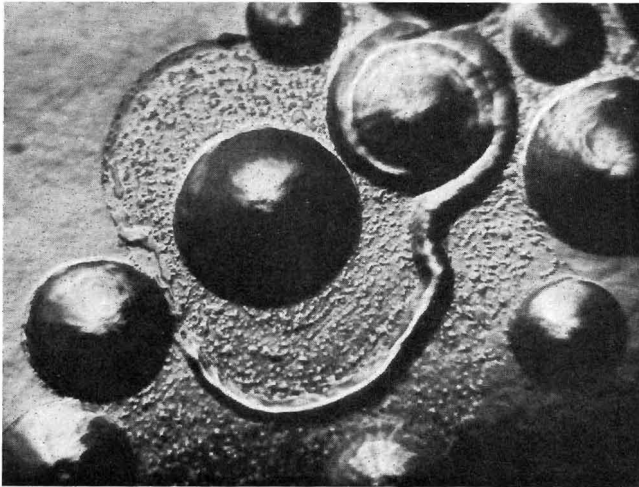


Abb. 5. Eine Ringkolonie ist nach Berührung mit einer kalottenförmigen Kolonie aufgebrochen. Die Bakterienmassen des Ringes werden auf die rotierende, kalottenförmige Kolonie aufgespult

(Vergr. ca. $32\times$)

Ein eigentümliches „Irisieren“ der rotierenden Kolonien war schon RUSSE-MÜNZER [17] aufgefallen. Entsprechende eigene Beobachtungen ließen auf besondere Verhältnisse der Lichtbrechung innerhalb der Kolonien schließen und führten zur Untersuchung der Kulturen zwischen gekreuzten Polarisationsfiltern. Bei zahlreichen Kolonien fanden sich die den Mineralogen geläufigen Sphäritenkreuze (Abb. 6).

Kolonien, die bei schrägem Auflicht gleiches Aussehen hatten, konnten im polarisierten Licht jedoch auch sehr unterschiedliche Bilder zeigen.

Den festgestellten Erscheinungen liegt optisch positive Anisotropie der Bakterienkolonien zugrunde. FORTZIK [4] gelang die Darstellung eines polarisationsoptisch wirksamen Glycoproteins, das er aus den Kolonien extrahieren konnte.

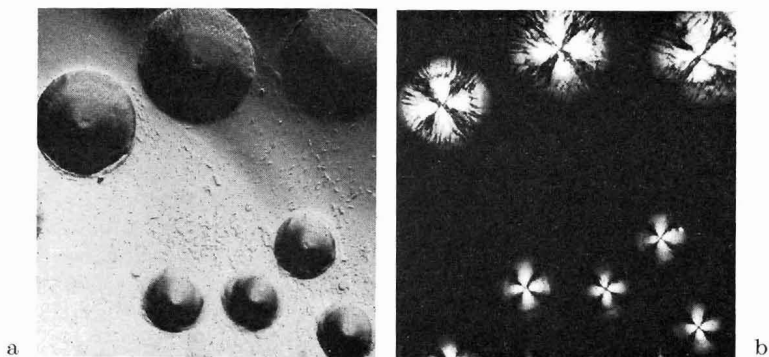


Abb. 6 a u. b. Kolonien von *Bac. circulans*, die sich rotierend über die Nährbodenoberfläche bewegen, im schrägen Auflicht (a) und zwischen gekreuzten Polarisationsfiltern (b). Das größenabhängig unterschiedliche Aussehen der Kolonien in Abb. 6 b ist auf die raschere Rotation der kleineren Kolonien zurückzuführen

(Vergr. ca. 25 ×)

Zur Entstehung des Films

Wissenschaftliche Daten: Objekt: *Bac. circulans* (Jordan); der zu den Aufnahmen verwendete Stamm „Tegel“ wurde aus einer Stuhlprobe gezüchtet.

Nährboden: 2,5%iger mehrfach filtrierter Nähragar

Optimale Temperatur für das Wachstum: 32° C

Kultivierung: Zum Anlegen der Kulturen wurden anstelle von Petrischalen Glasringe benutzt, die von Glasrohren mit ca. 6 cm weitem Lumen abgeschnitten und auf Glasplatten gelegt waren. Die Glasringe lassen sich auch durch Abschleifen des Bodens von Petrischalen herstellen. Der in das Lumen gegossene Nähragar hielt den Ring fest auf der Platte. Die Bedeckung nach dem Trocknen der Nährböden erfolgte wiederum mit Glasplatten oder mit Deckeln von Petrischalen. Während der Aufnahmen wurden die Kulturgefäße durch Glasplatten abgedeckt, aus denen zentral oder exzentrisch ein kreisförmiges Loch ausgeschnitten war, welches gestattete, das Objektiv genügend nahe an die Nährbodenoberfläche heranzuführen. Zur Vermeidung starker Verdunstung erfolgte bei länger dauernden Aufnahmen eine Abdichtung gegen das Objektiv durch Fließpapier, das mit Wasser angefeuchtet war.

Für Präparate mit dünnerer Nährbodenschicht wurden Stahlringe von 2 mm Höhe und 300 mm Durchmesser verwendet, die auf planparallele

Deckgläser gelegt und von ebensolchen bedeckt, einen brauchbaren Ersatz für Petrischalen abgaben.

Die Beimpfung erfolgte durch Glasfäden mit kugelig geformtem Ende.

Aufnahmep perioden: Die Aufnahmen wurden in allen Wachstumsphasen durchgeführt.

Aufnahmedaten: Die Aufnahmen wurden Anfang 1958 in Göttingen im Institut für den Wissenschaftlichen Film angefertigt, wohin die zur Kultivierung erforderlichen Gerätschaften, Nährböden und Kulturen aus dem Robert Koch-Institut, Berlin, gebracht worden waren. Sie erfolgten unabhängig von der Tageszeit je nach der Entwicklung der Kulturen. Die vorletzte Einstellung wurde nachts aufgenommen.

Kamera: Askania 2.

Mikroskop: Zeiss WL-Stativ, Leitz Ortholux.

Filmmaterial: Normalfilm 35 mm Kodak Plus X.

Die Zeitdauer der einzelnen aufgenommenen Sequenzen variiert stark zwischen einigen Minuten und mehreren Stunden, da mehrere Bewegungsabläufe bei schwacher Vergrößerung schon ohne Zeitraffung erkennbar sind, andere dagegen kaum. Aus den bei der Filmbeschreibung angegebenen Aufnahme frequenzen ist die Zeitdauer der jeweiligen Abläufe zu entnehmen.

Impfpunkte mit Einzelstäbchen wurden im Phasenkontrastverfahren aufgenommen, teilweise auch der Kolonieaufbau in Schichten.

Die Beleuchtung wurde — entsprechend früher bei Standaufnahmen von *Bac. circulans*-Kolonien gemachten Erfahrungen — auch bei Durchlicht extrem schräg gewählt, um die Oberflächengestalt sowohl der Kolonien wie der Nährböden möglichst deutlich erkennbar zu machen.

Die letzten Einstellungen erfolgten zwischen gekreuzten Polarisationsfiltern.

Die Bildfeldbreite liegt, je nachdem, ob Einzelstäbchen, Bakteriengruppen oder Wanderwege ganzer Kolonien darzustellen waren, zwischen 0,048 mm und 2,42 mm. Sie ist jeweils bei der Filmbeschreibung angegeben.

Filmbeschreibung¹

Zeitraffung ca. 1:2 bis 1:1500

Entwicklung nach punktförmiger Beimpfung des Nährbodens

1. Übersicht über die Entwicklung vom Impfpunkt mit Einzelbakterien bis zur Bildung beweglicher Kolonien. Im punktförmig beimpften Bezirk befinden sich zunächst Gruppen einschichtig liegender Bakterien.

¹ Die *Kursiv*-Überschriften entsprechen den Zwischentiteln im Film.

Während der Vermehrung der Mikroorganismen fließen die Gruppen zum Teil zusammen. In der Mitte des Gesichtsfeldes bildet sich eine zweite Schicht von einigen Bakterien über der Basisschicht aus, verschwindet jedoch wieder. Dicht daneben kommt darauf wieder eine zweite Schicht zustande. Ortsbewegungen sind deutlich zu erkennen. Auch an anderen Stellen sind in zunehmendem Maße Ortsbewegungen von Bakteriengruppen feststellbar.

In der Mitte des Gesichtsfeldes baut sich danach eine mehrschichtige Kolonie auf. Nach anfänglichen Vorwärts- und Rückwärtsbewegungen an Ort und Stelle geht sie zu rotierender Bewegung über. Schließlich entstehen mehrere rotierende Kolonien, zwischen ihnen verbleiben kleinere Gruppen einschichtig gelagerter Bakterien. Die ursprünglich beimpfte Fläche wird anfänglich von den Ortsbewegung zeigenden Kolonien nicht verlassen.

Bildfeldbreite 1,58 mm und 2,31 mm; Aufn.-Freq. 4 B/min

2. Ein weiterer Impfpunkt einer anderen Kultur zeigt das Hin- und Herwogen von mehr oder weniger großen Bakteriengruppen im Bereich des Impfpunktes sowie die Bildung von kalottenförmigen und einer ringförmigen Kolonie (im Gesichtsfeld oben links), die später kalottenförmig wird.

Bildfeldbreite 860 μm ; Aufn.-Freq. 8 B/min

Wachstum von Einzelstäbchen

3. Phasenkontrastverfahren. Zellteilung, es bleibt bei einer Schicht. Die Stäbchen lagern sich parallel. Eine größere Fläche wird bewachsen.

Bildfeldbreite 48 μm ; Aufn.-Freq. 1 B/min

4. Parallele Anordnung der Bakterien in einer Ebene. Unten im Gesichtsfeld eine Fadenform.

Bildfeldbreite 73 μm ; Aufn.-Freq. 1 B/min

Fortbewegung in kleinen Gruppen

5. Die Bakterien bewegen sich in feuchtem, halbfestem Milieu einzeln, aber auch in kleinen Gruppen fort. Am unteren Bildrand befindet sich eine Fadenform.

Bildfeldbreite 81 μm ; Aufn.-Freq. 16 B/s

6. Neben kleinen Bakteriengruppen findet sich eine teilweise zweiseichtige rotierende Kolonie.

Bildfeldbreite 210 μm ; Aufn.-Freq. 16 B/s

7. Fortbewegung der Bakterien in Zügen, die sich am Rand des Impfpunktes zu mehreren Schichten aufstauen. Die ursprünglich bewachsene Fläche wird zunächst nicht überschritten.

Bildfeldbreite 210 μm ; Aufn.-Freq. 16 B/s

Kolonieaufbau in Schichten

8. Eine zweischichtige, von Einzelbakterien umgebene Kolonie rotiert ohne Ortsveränderung.

Bildfeldbreite 210 μm ; Aufn.-Freq. 8 B/s

9. Zwischen Einzelstäbchen bilden sich kleinere Bakteriengruppen. Zwei zweischichtige Mikrokolonien rotieren ohne Ortsveränderung; eine der beiden rotierenden Kolonien führt eine Fadenform mit. Eine Gruppe von Bakterien wechselt von einer der Kolonien zur anderen.

Bildfeldbreite 130 μm ; Aufn.-Freq. 8 B/s

10. Eine größere, mindestens vierschichtige Kolonie rotiert am Ort, umgeben von einzeln liegenden Stäbchen.

Bildfeldbreite 210 μm ; Aufn.-Freq. 16 B/s

11. In der Bildmitte entstehen mehrere Schichten auf der Grundlage einer zweischichtigen Kolonie. Mehrere Kolonien gehen ineinander über. Phasenkontrastverfahren und Schräglicht-Übersichtsaufnahme.

Bildfeldbreite 470 μm ; Aufn.-Freq. 8 B/s

12. Nach vollzogenem Aufbau der Kolonien liegen noch Einzelstäbchen zwischen ihnen. Der Impfpunkt ist nicht verlassen. Alle Kolonien zeigen in diesem Fall den gleichen Drehsinn. Die unterste Bakterienlage jeder Kolonie hebt sich von den übrigen Schichten deutlich ab. Eine Koloniehälfte erscheint wegen des besonders schräg einfallenden Lichtes dunkel.

Bildfeldbreite 1,25 mm; Aufn.-Freq. 1 B/s

Gestreckte Wanderformen

13. Eine mehrschichtige, langgestreckte asymmetrische Kolonie zieht von rechts unten diagonal durch das Gesichtsfeld, wobei sie vor sich liegende Stäbchen in ihren Verband aufnimmt.

Bildfeldbreite 210 μm ; Aufn.-Freq. 16 B/s

14. Eine andere gestreckte, vorn konvexe, hinten konkave Kolonie bewegt sich waagrecht durch das Gesichtsfeld. Vor dieser befindliche Bakterien werden in den beweglichen Verband aufgenommen und mitgeführt. Da diese Kolonie ruhende Stäbchen seitlich zurückläßt, wird der Eindruck eines Weges in dem sonst bewachsenen Nährbodenbezirk hervorgerufen. Von den Seiten her wandern mehr oder weniger schnell wieder andere Bakterien auf den „Weg“.

Bildfeldbreite 210 μm ; Aufn.-Freq. 8 B/s

15. Eine andere gestreckte Wanderform trifft bei ihrer Bewegung auf eine am Ort langsam rotierende kleinere Kolonie. Sie setzt ihren Weg nach vorübergehender Verschmelzung mit dieser Kolonie fort und ent-

fernt sich unter Mitführung des größten Teils der Bakterien der rotierenden Kolonie. Die gestreckte Wanderform erfährt einen entsprechenden Volumenzuwachs. Über den freigemachten Weg wandert im ersten Bildquadranten ein kleiner Ring von unten nach oben.

Bildfeldbreite 990 μm ; Aufn.-Freq. 8 B/s

16. Eine gestreckte Wanderform rollt sich zu einer kalottenförmigen Kolonie auf. Das Aufrollen scheint mit der zunehmenden Trocknung der Nährbodenoberfläche zusammenzuhängen.

Bildfeldbreite 470 μm ; Aufn.-Freq. 1 B/s

17. Weg einer gestreckten Wanderform (gedrungene Projektil-Form) über die freie Nährbodenoberfläche mit Übergang auf eine allmählich enger werdende Kreisbahn. Änderung des Drehsinns im vorderen Teil der Kolonie. Trennung von dem anderen — in der alten Richtung rotierenden kleineren — Teil unter Entwicklung von zwei kalottenförmigen ohne Ortsveränderung rotierenden Kolonien.

Bildfeldbreite 2,3 mm; Aufn.-Freq. 2 B/s

18. Gedrungene, vorn konvexe, hinten linear begrenzte Kolonie mit hinten anhaftenden Fadenformen trifft auf eine größere, entgegengesetzt rotierende Kolonie. Nach scheinbarer, nur vorübergehender Verschmelzung bildet sich eine Einsenkung in der Masse der Bakterien, bis die Nährbodenoberfläche sichtbar wird, und die Wanderform bewegt sich in einer von der rotierenden Kolonie wegführenden Bahn, fast entgegengesetzt ihrer anfänglichen Fortbewegungsrichtung.

Bildfeldbreite 470 μm ; Aufn.-Freq. 4 B/s

19. Eine vorn konvexe, hinten linear begrenzte Wanderform rückt auf gekrümmter Bahn über den freien Nährboden vorwärts, bis sie kurz vor Erreichen des bewachsenen Nährbodenteils nicht weiter fortschreitet. Unter Flachwerden dieser Kolonie kehren große Bakterienmassen ihre bisherige Fortbewegungsrichtung um, zum Teil breiten sie sich seitlich aus. Der Vorgang ist als atypische Bewegung an der „hinteren“ Begrenzung der Kolonie zuerst zu erkennen. Entsprechendes geschieht bei einer zweiten auf dem gleichen Wege vorrückenden Kolonie.

Bildfeldbreite 470 μm ; Aufn.-Freq. 8 B/s

Verhalten von Ringkolonien

20. Beginnende Bildung eines ovalen Ringes aus einer zunächst gestreckten, dann kalottenförmigen Kolonie durch Einsenkung des zentralen Kolonieteils.

Bildfeldbreite 470 μm ; Aufn.-Freq. 1 B/s

21. Ein Ring rotiert an Ort und Stelle neben kalottenförmigen Kolonien mit unterschiedlicher Rotationsgeschwindigkeit und -richtung.

Bildfeldbreite 1,25 mm; Aufn.-Freq. 1 B/s

22. Ein ungleichmäßig geformter Ring rotiert. Zentral befindet sich eine große und eine kleinere kalottenförmige Kolonie.

Bildfeldbreite 2,4 mm; Aufn.-Freq. 1 B/s

23. u. 24. Ein rotierender Ring mit unterschiedlicher Zahl von Bakterien-schichten in seinen einzelnen Abschnitten reißt auf und beginnt sich zu einer kalottenförmigen Kolonie umzuwandeln.

Bildfeldbreite 1,25 mm; Aufn.-Freq. 4 B/s

25. Impfpunkt mit Ringkolonie und zentral liegender Bakterienmasse, die sich zu einer kalottenförmigen Kolonie konzentrieren. Danach erfolgt Teilung in zwei kalottenförmige Kolonien mit gleichem Dreh-sinn.

Bildfeldbreite 1,8 mm; Aufn.-Freq. 15 B/min

Abspaltung und bandförmige Aufspulung

26. Aus einer kalottenförmigen Kolonie mit ungleichmäßig gewölbter Oberfläche spaltet sich ein Band ab, das in geringem Abstand von der Kolonie im gleichen Sinne wie diese rotiert und sich schließlich wieder mit der Kolonie vereinigt.

Bildfeldbreite 2,4 mm; Aufn.-Freq. 14 B/min

27. Ein Fremdkörper, der wie ein Messer wirkt, schält von einer rotierenden Kolonie eine bandförmige Bakterienmasse ab. Der vordere Teil des Bandes rollt sich zu einer kalottenförmigen Kolonie auf, der abgerissene hintere Teil bildet für sich eine atypische Kolonie. Am Schluß der Einstellung ist das „Messer“ neben der abgeschälten Kolonie erkennbar.

Bildfeldbreite 1,25 mm; Aufn.-Freq. 1 B/s

Kolonie-Strukturen im polarisierten Licht

28. Ohne Ortsveränderung langsam rotierende Kolonien werden zum Vergleich bei schräger Beleuchtung und

29. — mit 15 Bildern/min — zwischen gekreuzten Polarisationsfiltern dargestellt.

Bildfeldbreite 990 μm ; Aufn.-Freq. 8 B/s und 15 B/min

30. Vom Ende eines Impfstreiches mit großen an Ort und Stelle rotierenden Kolonien lösen sich Bakterienmassen ab, die sich in ver-

schiedenem Drehsinn rotierend unter laufender Größenzunahme vom Impfstrich auf dem gleichen „Weg“ fortbewegen.

Bildfeldbreite 2,3 mm; Aufn.-Freq. 2 B/min

31. Eine rotierende Kolonie behält ihre durch das polarisierte Licht erkennbare, nicht ganz gleichmäßige Struktur während der Rotation bei.

Bildfeldbreite 990 μm ; Aufn.-Freq. 30 B/min

Literatur

- [1] BITTER, L.: Neues zur Technik der Sporen- und Gonokokkenfärbung, zugleich Mitteilungen über milzbrandähnliche und wandernde Erdbacillen. Zbl. Bakt. I Orig. **68** (1913), 227—238.
- [2] CHESHIRE, F. R., and W. W. CHEYNE: The pathogenic History and History under Cultivation of a new Bacillus (*B. alvei*), the cause of a Disease of the Honey Bee hitherto known as Foul Brood. J. Roy. Microscop. Soc., series 2, 5 (1885), 581—601.
- [3] DOMBROWSKI, H. J.: Bacillus circulans aus Zechsteinsalzen. Zbl. Bakt. I Orig. **183** (1961), 173—179.
- [4] FOITZIK, L. J.: Untersuchungen über bestimmte polarisationsoptische Erscheinungen kalottenförmiger Kolonien von *Bac. circulans*. Inaugural-Dissertation Freie Universität Berlin 1973.
- [5] GILLERT, K.-E.: Beobachtungen an wandernden Bakterienkolonien (*Bac. circulans*). Naturwiss. **43** (1956), 262.
- [6] GILLERT, K.-E.: Beobachtungen an wandernden Bakterienkolonien. Zbl. Bakt. I Orig. **167** (1957), 598—601.
- [7] GILLERT, K.-E.: Polarisationsoptische Untersuchungen über die Struktur von Kolonien verschiedener Bakterienarten. Zbl. Bakt. I Orig. **189** (1963), 488—496.
- [8] GILLERT, K.-E.: Über das Verhalten von beweglichen Bakterienkolonien, dargestellt an einem Bazillus der „circulans-Gruppe“. Habilitationsschrift Med. Fakultät der Freien Universität Berlin 1961.
- [9] HAUSER, G.: Über die Entwicklungsgeschichte und pathogenen Eigenschaften einer fäulnisregenden Bacterienart. Sitzungsberichte d. physik. med. Gesellschaft Erlangen, 156—171 (1884).
- [10] JORDAN, E.: Exper. Inv. Mass. State Board Health II, 831 (1890) zit. n. Bergeys Manual of determinative Bacteriology, Baltimore 1957.
- [11] KIENHOLZ, M.: Bacillus circulans. Arch. Hyg. **143** (1959), 485—490.
- [12] MÜLLER, R.: Demonstrationen an Diapositiven und Kulturen: wandernde Bakterienkolonien. Münch. Med. Wschr. **I** (1909), 886.
- [13] MURRAY, R. G. E., and R. H. ELDER: The Predominance of Counter-clockwise Rotation During Swarming of Bacillus Spezies. J. Bact. **58** (1949), 351—359.

- [14] MUTO, T.: Über *Bacillus helixoides*, ein neuer *Bacillus* mit wandernder Kolonie.
Ein eigentümlicher *Bacillus*, welcher sich schneckenartig bewegende Kolonien bildet (*B. helixoides*)
Zbl. Bakt. I Ref. **35** (1904), 331.
Zbl. Bakt. I Orig. **37** (1904), 321—325.
- [15] ROBERTS, J. L.: A new species of the Genus *Bacillus* Exhibiting Mobile Colonies on the surface of Nutrient Agar. *J. Bact.* **29** (1935), 229—236.
- [16] ROSCHDJESTVENSKIJ, V. S., u. L. MEDVINSKAJA: Die Beweglichkeit von Kolonien bei der neuen Form — *Bacillus migrans* (russisch). *Mikrobiology (Moskva)* **7** (1938), 137—141.
- [17] RUSS-MÜNZER, A.: Über einen eigenartigen Bewegungstypus schwärzender Bakterien. *Zbl. Bakt. I Orig.* **142** (1938), 175—178.
- [18] SÁSÁRMAN, A., V. GANEA et M. DOSPINA: Contribution à l'étude de la mobilité des colonies bactériennes. I. Note. *Arch. Roum. Path. Exper.* **16** (1957), 395—414.
- [19] SÁSÁRMAN, A., M. DOSPINA et V. GANEA: Contribution à l'étude de la mobilité des colonies bactériennes. *Arch. Roum. Path. Exper.* **18** (1959), 307—314.
- [20] SMITH, N. R., and F. E. CLARK: Motile Colonies of *Bacillus alvei* and other Bacteria. *J. Bact.* **35** (1935), 59—60.
- [21] SCHERSTOBOJEV, K. N.: Eine neue Bazillenart mit beweglichen Kolonien. *Bacillus coloniomobile* (Russisch). *Z. allgem. landwirt. u. industr. Mikrobiol.* **27** (1958) Moskau, 641.
- [22] SHINN, L. E.: A Cinematographic Analysis of the Motion of Colonies of *B. Alvei*.
The motion of Colonies of *Bacillus alvei* as Shown by Lapse-Time Cinematography (Kongreß-Zusammenfassung).
J. Bact. **36** (1938), 419—422.
J. Bact. **39** (1940), 22.
- [23] TURNER, A. W., and C. E. EALES: An aerobic, sporulating bacillus that forms rotating and migrating colonies.
Motile daughter colonies in *Cl. oedematiens* group and some other *Clostridia* (*Cl. botulinum*, *Cl. tetani*, *Cl. septicum*).
Austr. J. exp. Biol. **19** (1941), 161.
Austr. J. exp. Biol. **19** (1941), 167.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. K.-E. GILLERT, Robert Koch-Institut des Bundesgesundheitsamtes, D-1000 Berlin 65, Nordufer 20.

Angaben zum Film

Das Filmdokument wurde 1959 zur Auswertung in Forschung und Hochschulunterricht veröffentlicht. Stummfilm, 16 mm, schwarzweiß, 219 m, 20 min (Vorführgeschw. 24 B/s).

Die Aufnahmen entstanden im Jahre 1958. Veröffentlichung aus dem Robert Koch-Institut des Bundesgesundheitsamtes Berlin (Direktor: Prof. Dr. G. HENNEBERG), Prof. Dr. K.-E. GILLERT, und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen (Direktor: Prof. Dr.-Ing. G. WOLF), Dr. K.-H. HÖFLING; Aufnahme: H. H. HEUNERT; Schnitt: K.-E. GILLERT und H. H. HEUNERT.

Inhalt des Films

Nach zwei Übersichten über das Bakterienwachstum bei punktförmiger Beimpfung von Agarnährböden werden der schichtweise Aufbau von Bakterienkolonien, ihre Rotation als Ganzes ohne Ortsveränderung sowie unter Fortbewegung über die Nährbodenoberfläche gezeigt.

Andere Kolonien bewegen sich ohne Rotation in charakteristisch gestreckten Wanderformen über die Nährbodenoberfläche. Ringförmige rotierende Kolonien sind in dieser auffälligen Gruppierung nicht beständige Bakterienverbände, sondern aus ihnen werden kalottenförmige Kolonien. Auch spontan entstandene oder künstlich von kalottenförmigen Kolonien abgespaltene wandernde bandförmige Kolonien nehmen schließlich unter fortwährender Rotation wieder Kalottenform an.

Die Verschmelzung, Trennung und Selbstauflösung von Kolonieverbänden werden gezeigt, ebenso die Aufspulung einer bandförmigen Kolonie. Zwischen gekreuzten Polarisationsfiltern aufgenommene mehrschichtige Kolonien lassen erkennen, daß die Struktur beweglicher Bakterienkolonien mehrere Stunden lang im wesentlichen unverändert bleiben kann.

Summary of the Film

Following two surveys of the growth of the bacteria after a punctiform inoculation of nutrient agar plates, the stratiform structure of the colonies of the organisms, their rotation as a whole without a local change as well as their moving over the agar surface is shown.

Other colonies move over the agar surface without rotation in characteristically stretched mobile forms. Rotating colonies in form of rings in this unusual formation are no steady associations of bacteria but become skull cap shaped colonies. Both, spontaneously formed and mobile band-shaped colonies artificially splitted off from skull cap shaped colonies get the form of a skull cap again under permanent rotation.

The fusion, the separation, and the self-decomposition of colonies are shown as well as the winding of a band-shaped colony. Pictures of multilayered colonies taken between crossed polarising filters demonstrate that the structure of mobile colonies of bacteria may stay almost unchanged for several hours.

Résumé du Film

Après avoir montré par deux fois la croissance de bactéries faisant suite à l'inoculation ponctuelle de milieux nutritifs gélosés, le film met en évidence la structure stratifiée de colonies bactériennes, leur rotation complète sur elles-mêmes, sans changement de place et aussi avec déplacement sur la surface des milieux de culture.

D'autres colonies se meuvent sans rotation à la surface des milieux de culture prenant des formes migratoires allongées de façon caractéristique. Des colonies annulaires tournant sur elles-mêmes ne constituent pas d'associations bactériennes stables dans cet arrangement remarquable, mais prennent au contraire ensuite la forme de calottes. Certaines colonies migratrices en forme de bandelettes, qui se sont formées spontanément ou qui se sont séparées artificiellement de colonies en forme de calottes, reprennent finalement par rotation continue la forme de calottes.

Le film montre la fusion, la séparation et l'autodissolution des associations de colonies de même que l'enroulement d'une colonie en bandelette sur elle-même. Des colonies multistratifiées photographiées entre deux Nicols croisés laissent voir que la structure de colonies bactériennes mobiles peut rester pendant plusieurs heures fondamentalement inchangée.