

DER BAKTERIEN-BEGEISSELUNG

Mit 2 Abbildungen

Von PROF. DR. ALEXANDER JANKE, Wien

I. Sind die Geißeln der Bakterien tatsächlich Bewegungsorgane?

Schon der Entdecker der Bakterien LEEUWENHOEK (1683) hatte bei diesen eine Eigenbewegung festgestellt, ohne aber besondere Bewegungsorgane zu erkennen. Solche wurden erstmalig von EHRENBURG (1838) wahrgenommen, der dieselben aber entsprechend seiner zoologischen Einstellung als eine Art Rüssel deutete. Wenn auch bereits COHN (1872) die Vermutung ausgesprochen hatte, daß alle beweglichen Bakterien Geißeln besäßen, so war ein entsprechender Nachweis hierfür erst nach Einführung des Beizverfahrens mit anschließender Färbung durch LÖFFLER (1890) möglich. Während letzterer in Übereinstimmung mit COHN und KOCH die Geißeln als Bewegungsorgane betrachtete, wurden schon damals gegenteilige Meinungen geäußert. Vor allem VAN TIEGHEM (1879) faßte die Geißeln als bloße Anhängsel der Zelle auf und stützte diese Ansicht insbesondere auf den Umstand, daß sich die Geißeln färberisch der Membran ähnlicher als dem Protoplasma verhalten. Diese letztere Frage nach dem genetischen Ursprung der Geißeln hat auch durch Aufnahmen mittels des Elektronenmikroskops keine eindeutige Beantwortung erfahren. Während nämlich MUDD, POLEVITZKY, ANDERSON und CHAMBERS (1941) bei *Bac. subtilis* die Geißel als Fortsetzung der Zellwand betrachten, ja PIJPER (1946, 1947) einen Ausgang derselben von der Schleimschicht annimmt, sprechen die Feststellungen von CONN und ELROD (1947) und vor allem VAN ITERSONs (1947) Aufnahme einer monotrichen Bakterienart, die sich auch bei KINGMA BOLTJES (1948) wiedergegeben findet, für einen Zusammenhang der Geißeln mit dem eigentlichen Zellkörper, dem Protoplasten.

Die Frage, ob die durch Färbemethoden, Dunkelfeldbeobachtung oder Elektronenmikroskopie feststellbaren Geißeln der Bakterien tatsächlich Bewegungsorgane dieser Organismen seien, wurde erneut aufgerollt durch Dunkelfeldbeobachtungen PIJPERs (1946, 1947, 1948) an stark beweglichen Bakterien der Typhusgruppe, denenzufolge die Bewegung dieser Mikroben durch spiralige Drehung des Bakterienkörpers zustande kommen soll und die sogenannte Geißel kein Bewegungsorgan, sondern bloß ein Schleimwirbel sei, der aus der Schleimschicht der Zelloberfläche durch die Bewegung gebildet und passiv nachgezogen werde. Die Bildung der Geißeln wäre demnach dieser Ansicht gemäß als Folgeerscheinung einer andersartig zustande kommenden Bewegung der Bakterien zu betrachten. Die PIJPERsche Methodik besteht darin, die Bakterienzellen in viskose Lösungen (z. B. solche von Methylzellulose) verschiedener Konzentration einzubringen; durch die hiebei eintretende Verlangsamung der Bewegung soll die durch

eine spirale Flexibilität des Zellkörpers verursachte Rotation der Zelle um ihre Längsachse im Dunkelfeld beobachtet werden können. Zwecks Bekräftigung seiner Theorie hat PIJPER (1947 [2]) auch ein Verfahren zur Herstellung geeigneter Modelle und zur photographischen Aufnahme derselben angegeben.

Die Verallgemeinerung der vorstehenden Ansicht auf die Bakterienbewegung überhaupt durch PIJPER hat zu einer Überprüfung und teilweisen Widerlegung derselben durch verschiedene Forscher geführt, worüber im folgenden berichtet wird:

1. Nachprüfung mittels der PIJPERschen Methodik (CONN und ELROD, 1947). Dunkelfeldstudien an *Bac. cereus* und *Bact. coli* in Methylzelluloselösungen verschiedener Konzentration ergaben wohl eine teilweise Bestätigung der PIPERSchen Feststellungen, jedoch konnte eine Flexibilität nur bei einigen Zellen beobachtet werden. Die meisten kurzen Zellen schienen vollkommen starr und zeigten nichtsdestoweniger Eigenbewegung, die demnach durch Geißeln bedingt sein mußte.

2. Direkte Beobachtung der Bakterienbewegung mittels der Tusche-Agar-Methodik (ORSKOV, 1947). Aus einer jungen Agar-Plattenkultur einer stark beweglichen Bakterienart (z. B. *Proteus vulgaris*) wird ein großer Würfel herausgeschnitten und auf die von den Bakterien bewachsene Fläche desselben ein dünner Objektträger gelegt, auf den man mittels eines Deckglases einen dünnen Tuschefilm aufgebracht hat. Bei Betrachtung mit der Ölimmersion ist die Geißelbewegung an dem lebhaften Durcheinanderwirbeln der Tuschepartikel erkennbar. Ähnliche Feststellungen unter Verwendung einer anderen Methodik verdanken wir auch KINGMA BOLTJES (1948).

3. Elektronenoptische Studien. Mittels der Gold-Schattenmethode konnte es — wie sich oben bereits erwähnt findet — durch CONN und ELROD (1947) wahrscheinlich gemacht werden, daß die Geißeln der Bakterien nicht Teile der Schleimschicht sind, sondern vielmehr mit dem Protoplasten im Zusammenhang stehen, wie dies übrigens auch aus dem schon angeführten Aufnahmen VAN ITERSONS (1947) klar hervorgeht.

4. Serologischer Nachweis der Bakteriengeißeln als Bewegungsorgane (KAUFFMANN, 1948). a) An unbeweglichen *Salmonella*-Arten mit H-Antigen, die eine flockige Agglutination durch das entsprechende Immuserum erleiden, lassen sich zufolge EDWARDS, MORAN und BRUNER (1946) durch Färbung Geißeln darstellen. Mangels einer Eigenbewegung der Bakterien können die Geißeln nicht als Folge einer solchen gedeutet werden, wie PIJPER dies annimmt. b) Bewegliche Bakterien stellen durch Zusatz von H-Immuserum ihre Eigenbewegung ein. Da das von KAUFFMANN verwendete H-Immuserum vollständig frei von O-Antikörpern war, kommt eine Einwirkung auf die Bakterienkörper nicht in Frage, vielmehr muß eine Lähmung der Geißeltätigkeit angenommen werden. c) Dieselben Bakterien zeigen bei Zusatz eines O-Immuserums eine Verklebung ihrer Zellenden (sog. Pol-Agglu-

tination), wobei die gebildeten Häufchen aber im Gesichtsfeld umhertreiben, was nur durch ein Weiterschlagen der Geißeln bewirkt sein kann.

Aus den geschilderten Versuchen geht wohl klar hervor, daß die Geißeln der Bakterien auch weiterhin als Bewegungsorgane zu betrachten sind. Daß außerdem bei manchen Spezies auch durch eine undulierende Flexibilität der Zelle eine Lokomotion hervorgerufen werden kann, soll nicht bestritten werden.

II. Gibt es eine peritriche Begeißelung?

Bei den Bakterien werden bekanntlich nach der Ansatzstelle der Geißeln am Zellkörper zwei Haupttypen der Begeißelung unterschieden, nämlich die polare (Abb. 1, Fig. 2) mit Anheftung der Geißeln am Zellende und die peritriche (Abb. 1, Fig. 1), bei der die Geißeln über die ganze Zelloberfläche verteilt sind; der erstgenannte Typus weist entweder eine einzige Geißel (*monotrich*) oder ein Geißelbüschel (*lophotrich*) auf.

Es ist nun schon seit längerer Zeit bekannt, daß bei gewissen Bakterien, wie z. B. *Bact. radiobacter*, *Rhizobium*- und *Chromobacterium*-Arten sowie bei *Alcaligenes faecalis* teils eine polare, teils eine peritriche Begeißelung auftritt. Bei letzterer handelt es sich jedoch nicht um die normale Form mit Ausbildung von mehr als vier Geißeln, vielmehr ist deren Zahl auf 1 bis 4 beschränkt; CONN spricht in diesem Fall von einer degenerierten peritrichen Begeißelung („degenerate peritrichic flagellation“). Liegt bei dieser bloß eine Geißel vor, so kann diese entweder polar oder seitlich angeheftet sein (CONN und WOLFE, 1938; CONN, WOLFE und FORD, 1940). Vgl. Fig. 3 in Abb. 1.

Das Auftreten polarer Geißeln bei angeblich peritrichen Bakterien hat schließlich dazu geführt, daß Zweifel betreffend die Existenz einer peritrichen Begeißelung überhaupt laut wurden. So hat PIETSCHMANN (1939, 1942) die Ansicht ausgesprochen, daß diese Begeißelungsart teils ein durch die Färbemethoden bedingtes Kunstprodukt sei, teils dadurch vorgetäuscht werde, daß die subpolar begeißelten Einzelzellen zu mehreren aneinander hängen bleiben. Die gleiche Meinung wird auch von RIPPEL-

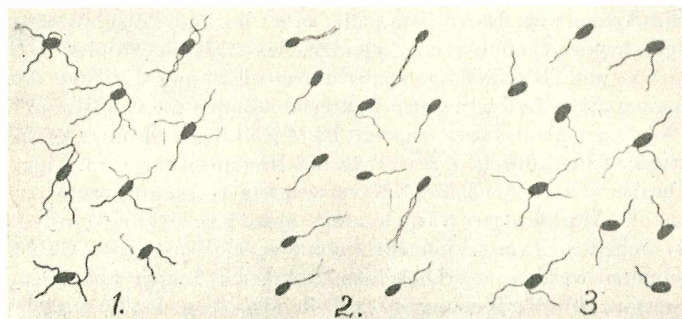
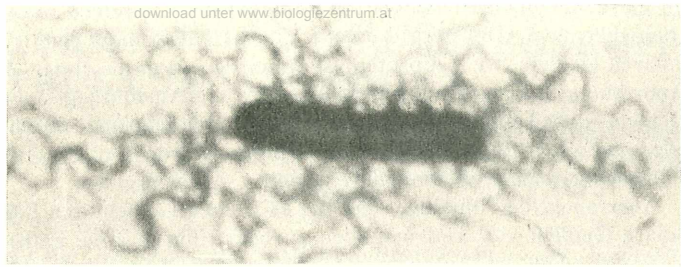


Abb. 1.
Typen der
Bakterien-
Begeißelung.
Nach CONN
und WOLFE
(1938). Ver-
größerung
2000:1.

Abb. 2.

Mikrophotogramm des Farbpräparates eines „peritrich“ begeißelten Stäbchens.



BALDES (1947) vertreten. PIETSCHMANN hat darzutun versucht, daß die von früheren Forschern gegebenen Beschreibungen und Abbildungen für ihre Auffassung sprechen und unter anderen das von STAPP (1940) beschriebene *Bact. rubidaeum* als Stütze für ihre Ansicht herangezogen. Wie STAPP (1944) jedoch feststellte, ist letztere Bakterienart einwandfrei polar begeißelt und daher zur Klärung der Frage, betreffend die Existenz einer „peritrichen“ Begeißelung, gänzlich ungeeignet.

Die Annahme, daß die bei den verschiedenen Bakterienarten zu beobachtenden Begeißelungstypen auf einen einzigen mit subpolarer Insertion zurückzuführen sei, wird zweifelsohne durch manche Tatsachen gestützt. Die Meinung PIETSCHMANNs jedoch, daß ein bloßes Aneinanderhängenbleiben fertig ausgebildeter Zellen mit subpolarer Begeißelung eine „peritriche“ Begeißelung vortäuschen soll, kann aus verschiedenen Gründen nicht immer zutreffend sein. So gibt es tatsächlich Bakterien, die nur mit allseitiger Begeißelung auftreten, wie z. B. *Bact. coli*; es ist nun nicht recht einzusehen, warum — sofern die Ansicht PIETSCHMANNs zutrifft — nicht auch bei diesem Organismus polar begeißelte Formen in größerer Zahl auftreten, indem sich einzelne Individuen aus dem angenommenen Verbands ablösen¹). Noch unvereinbarer mit obiger Anschauung ist die Tatsache, daß man weder im Farbpräparat noch im elektronenoptischen Bild die den seitlich angeordneten Geißeln entsprechenden Querwände der Einzelzellen sieht, wie dies auch bei dem in Abb. 2 dargestellten Mikrophotogramm eines peritrich begeißelten Bakteriums der Fall ist. Es handelt sich offenbar um zwei aneinanderhängende Stäbchen, deren laterale Geißeln an der Basis verbreitert sind, wodurch man die scheinbaren Insertionsstellen leicht erkennen kann. Während sich nun die Abgrenzung der beiden Zellen gegeneinander ohne weiteres feststellen läßt, ist dies bezüglich der Abgrenzung der angenommenen Teilzellen nicht der Fall.

Verfasser möchte daher eine andere Auslegung zur Diskussion stellen. Es könnten Bakterienzellen mit lateraler Begeißelung dadurch entstehen, daß Teilungen des Protoplasten unter gleichzeitiger Ausbildung des mit diesem

¹) Daß auch polar begeißelte Formen des *Bact. coli* beschrieben wurden, spricht dafür, daß beim typischen *Bact. coli* eine allseitige Begeißelung angenommen wird.

im Zusammenhang stehenden Geißelapparates eintreten, ohne daß die so entstandene quasi polyenergide Zelle durch Querwände geteilt wird; die subpolaren Geißeln der Teilprotoplasten würden dann an dieser Zelle in lateraler Anordnung in Erscheinung treten. Sofern die Ausbildung einer oder mehrerer Geißeln der Teilprotoplasten — wegen Behinderung durch die Membran oder aus anderen Gründen — unterbliebe, würde sich das Bild der „degenerierten peritrichen Begeißelung“ nach CONN ergeben.

Aber auch die Annahme, daß die seitlichen Geißeln der Bakterien auf subpolare Geißeln von Teilzuständen zurückzuführen sind, ändert nichts an der Tatsache, daß das aus diesen Teilzuständen bestehende Stäbchen allseitig begeißelt erscheint, so daß man auf jeden Fall auch weiterhin berechtigt ist, von einer „peritrichen“ Begeißelung zu sprechen.

Zusammenfassung

I. Die Geißeln der Bakterien sind auch weiterhin als effektive Bewegungsorgane zu betrachten. Bei manchen Arten scheint aber außerdem eine durch teilweise Flexibilität des Zellkörpers bedingte Eigenbewegung zu existieren.

II. Für die durch PIETSCHMANN vertretene Zurückführung des peritrichen Begeißelungstypus auf einen subpolaren wird eine neuartige Auslegung gegeben, wodurch auch das Entstehen der „degenerierten peritrichen Begeißelung“ nach CONN verständlich wird. Die weitere Verwendbarkeit des Ausdrucks „peritriche Begeißelung“ wird hiedurch nicht beeinträchtigt.

Literatur

- Cohn F., Beiträge zur Biologie der Pflanze **1** (1872), 2.
 Conn H. J. und Elrod R. P., Jour. Bact. **54** (1947): 681.
 — und Wolfe G. E., Science **87** (1938): 283.
 — — und Ford M., Jour. Bact. **39** (1940): 207.
 Edwards P. R., Moran A. B. und Bruner D. W., Proc. Soc. Exp. Biol. Med. **62** (1946): 296.
 Ehrenberg Chr. G., Die Infusionstierchen als vollkommene Organismen (1938).
 Itersen I. W. van, Biochimica et Biophysica Acta **1** (1947): 527.
 Kaufmann F., Schweiz. Z. Path. Bakt. **11** (1948): 378.
 Kingma Boltjes T. Y., Antonie van Leeuwenhoek **14** (1948): 251; Jour. Path. Bact. **60** (1948): 275.
 Leeuwenhoek A. van, Briefe an die Royal Society. London, 1683.
 Loeffler F., Zentralbl. Bakt **7** (1890): 625.
 Mudd St., Polevitzky K., Anderson Th. F. und Chambers L., Jour. Bact. **42** (1941): 251.
 Orskov J., Acta Path. Microbiol. Scand. **24** (1947): 181.
 Pietschmann K., Arch. Mikrobiol. **10** (1939): 133.
 — Arch. Mikrobiol. **12** (1942): 377.
 Pijper A., Jour. Path. Bact. **58** (1946): 325.
 — Jour. Bact. **53** (1947, 1): 257.
 — Jour. Biol. Photogr. Assoc. **6** (1947, 2): 3.
 — Nature **161** (1948): 200.
 Rippel-Baldes A., Grundriß der Mikrobiologie. Berlin und Göttingen, 1947.
 Stapp C., Zentralbl. Bakt., II. Abt., **102** (1940): 251.
 — Zentralbl. Bakt., II. Abt., **106** (1944): 301.
 Tieghem Ph. van, Bull. Soc. Bot. France **26** (1879): 37.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mikroskopie - Zentralblatt für Mikroskopische Forschung und Methodik](#)

Jahr/Year: 1949

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Janke Alexander

Artikel/Article: [Zur Frage der Bakterien-Begeißelung. 330-334](#)