

- Der Super-Superlativ: ein über ein Zentimeter langes Bakterium
- Ist Glyphosat insektengefährdend?

DOI: 10.1007/s12268-022-1814-6
© Springer-Verlag GmbH 2022

Mikroorganismus in den Schlagzeilen

Der Super-Superlativ: ein über ein Zentimeter langes Bakterium

Typischerweise sind Bakterien wenige Mikrometer lang. Daneben sind auch einige wenige „Riesenbakterien“ mit über 100 µm Länge bekannt. Für Mikroorganismen ist üblicherweise ein Mikroskop nötig, um sie anschauen zu können. Amerikanischen Mikrobiologen nannten ein Buch *The world that Darwin never saw*. Wäre der weitgereiste Charles Darwin nach Guadeloupe (Kleine Antillen) gereist und hätte sich Mangrovenblätter genau angeschaut, hätte er Bakterien mit dem bloßen Auge sehen können. So dauerte es bis zum Jahr 2022 bis zu einem Bericht über Bakterien mit einer sagenhaften Länge von mehr als einem Zentimeter (Volland JM et al. (2022) *Science* 376:1453–1458).

■ Damit sind diese neuentdeckten Bakterien, vorläufig *Candidatus Thiomargarita magnifica* getauft, mehr als fünfzigmal länger als alle bislang beschriebenen Riesenbakterien – ein wahrer Super-Superlativ. Große Exemplare von *Ca. T. magnifica* sind damit auch länger als Eukaryoten wie der Fadenwurm *Caenorhabditis elegans* oder die Taufliege *Drosophila melanogaster*. Sie sprengen zudem die aufgrund von biophysikalischen Prinzipien vorhergesagte theoretisch mögliche größte Zellgröße eines Bakteriums bei Weitem. 20 Forschende aus zwölf Arbeitsgruppen versuchten herauszufinden, wodurch diese theoretisch unmögliche Größe von *Ca. T. magnifica* in der Praxis realisiert wird.

Bei der mikroskopischen Untersuchung der Zellen stechen einige morphologische Besonderheiten hervor, etwa eine zentrale Vakuole, die 73 % des Zellvolumens ausmacht. Das Cytoplasma befindet sich ausschließlich an der Peripherie der Zelle und ist nur etwa 3,3 µm dick. Dieser Cytoplasmabereich enthält viele Vesikel, darunter stark lichtbrechende Schwefeleinschlüsse, sowie neuartige membranumschlossene Kompartimente, vom



Abb.: Einzelnes Filament des Riesenbakteriums *Ca. Thiomargarita magnifica*. Bild: Jean-Marie Volland.

Autorenteam Pepine getauft. Sie enthalten sowohl DNA als auch Ribosomen und sind damit spezielle Orte der Genexpression und Proteinproduktion. Ein weiteres morphologisches Charakteristikum der Zelle ist ein Netzwerk von Membranen, die ATP-Synthasen enthalten, was die Kapazität der ATP-Bildung enorm erhöht.

Ca. T. magnifica besitzt ein für ein Bakterium riesiges Genom von etwa 12 Mbp mit knapp 12.000 Genen, darunter viele für Proteine des Sekundärmetabolismus, etwa für Polyketidsynthasen oder nicht-ribosomale Peptidsynthetasen. Dies deutet auf die Produktion von antibiotisch wirkenden Substanzen hin und könnte erklären, warum die Oberfläche von *Ca. T. magnifica* nicht von Epibionten besiedelt, sondern steril ist.

Obwohl das Genom so groß ist, ist *Ca. T. magnifica* hochpolyploid und enthält etwa 37.000 Genomkopien je Millimeter Filament. Das bedeutet, dass ein großes Exemplar von

2 cm Länge etwa 740.000 Genomkopien enthält, auch ein Superlativ. *Ca. T. magnifica* vermehrt sich durch Abschnürung von etwa 200 µm großen Tochterzellen am apikalen Ende des Filaments (Abb.). Damit wird nur ein sehr kleiner Anteil von 1 % der Genome an die nächste Generation weitergegeben: Keimbahn- und somatische Genome sind getrennt, was bislang nur für sehr wenige Bakterien beobachtet wurde.

Ca. T. magnifica gehört damit zu den bakteriellen Arten, bei denen nicht alle Genome äquivalent sind. Schon bei den bisherigen Riesenbakterien wurde spekuliert, dass die Genexpression bei Genomen, die sich an unterschiedlichen Stellen der Zelle befindet, verschieden sein könnte, jedoch fehlte bislang ein experimenteller Nachweis. Bei einer Zelllänge von über einem Zentimeter ist es schlichtweg nicht vorstellbar, dass das Genexpressionsmuster der hunderttausenden Genome identisch ist. Einen Hinweis auf differenzielle Genexpression in *Ca. T. magnifica* lieferte die Messung der Proteinsyntheseaktivität, die nicht bei allen Pepinen beobachtet werden konnte.

→ Auch nach der ausführlichen Beschreibung der Entdeckung und Charakterisierung von *Ca. T. magnifica* bleiben viele Fragen offen, etwa wie schnell die Zelle wachsen kann und mit welcher Frequenz die 200 µm langen Tochterzellen produziert werden, wo das Längenwachstum der Zellen stattfindet, ob die vielen Genomkopien identisch sind oder die Zellen an der Basis, in der Mitte und an der Spitze Genome von leicht unterschiedlicher Sequenz enthalten, ob die Genexpression an verschiedenen Stellen der Riesenzelle tatsächlich differenziell ist, ob *Ca. T. magnifica* (neue) Antibiotika produziert, wie die vielen Kompartimente der Zellen zusammenhängen und ob sie Signale austauschen können.

Jörg Soppa, Frankfurt a. M. ■

Arzneimittel und Toxine in den Schlagzeilen

Ist Glyphosat insektengefährdend?

Die Toxikologie von Glyphosat wird in den letzten Jahren in der Öffentlichkeit ausgiebig diskutiert, vermutlich mehr als bei jeder anderen Substanz. Ein wichtiger Grund hierfür ist sicherlich die weit verbreitete Anwendung, es ist das am häufigsten eingesetzte Unkrautbekämpfungsmittel. Es handelt sich um ein Totalherbizid, das heißt es wirkt nicht-selektiv gegen alle behandelten Pflanzen. Hiervon sind grundsätzlich auch Nutzpflanzen betroffen, daher erfolgt die Anwendung im Pflanzenbau typischerweise vor der Aussaat. Alternativ ist der Einsatz auch zu späteren Zeitpunkten des Anbaus möglich, allerdings nur bei Verwendung von Nutzpflanzen, die gegen Glyphosat resistent sind. Diese Resistenzen werden durch gentechnische Methoden erzielt. Die weit verbreitete Skepsis gegenüber gentechnischen Methoden trägt wahrscheinlich auch zur kontroversen Diskussion über die Toxikologie von Glyphosat bei, obwohl beide Aspekte nicht miteinander verbunden sind.

■ Im Gegensatz zur Debatte in der allgemeinen Öffentlichkeit wird die Datenlage zur Humantoxizität von Glyphosat in Fachkreisen wesentlich weniger kontrovers diskutiert. Es liegen alle erforderlichen Studien vor, oftmals mehrfach reproduziert, hieraus wurden gut belastbare Beurteilungswerte abgeleitet, unterhalb dieser Aufnahmewerte ist nicht von einer Gesundheitsgefährdung der



© JeffHoyd/Getty Images/Stock

Verbraucherinnen und Verbraucher auszugehen.

Deutlich weniger im Fokus stehen Wirkungen auf Insekten, wobei auch hier bereits zahlreiche Studien durchgeführt wurden. Eine kürzlich erschienene Arbeit berichtet von Effekten auf die Thermoregulation von Hummeln (Weidenmüller A et al. (2022) *Science* 376:1122–1126). Hierfür wurden Kolonien über künstlichen Nektar mit relevanten Glyphosat-Dosen exponiert. Bei normalen Nährstoffangebot zeigte sich kein Effekt durch Glyphosat, bei eingeschränktem Nahrungsangebot war jedoch eine klare Beeinflussung der Thermoregulation der Kolonie zu

beobachten. Da dies direkten Einfluss auf das Wachstum und die Reproduktion der Kolonien hat, ist diese Wirkung als kritischer Effekt anzusehen.

→ *Der dieser Beobachtung zugrundeliegende Mechanismus ist nicht bekannt. Diese Tatsache macht es schwierig, die Ergebnisse zu interpretieren und einzuordnen. Ob diese Befunde reproduzierbar und vor allem inwiefern sie auf andere Spezies übertragbar sind, können daher nur zukünftige weiterführende Studien zeigen. Auch wenn die Feststellung angesichts der Datenlage von Glyphosat schwerfällt: „More research is needed.“*

Henning Hintzsche, Bonn ■