

BAKTERIEN

Eine unsichtbare Welt
in und um uns





IMPRESSUM

Copyright © 2017

Yakult Deutschland GmbH

Wissenschaftsabteilung

Forumstraße 2 • 41468 Neuss • Tel. 02131 - 3416-34 • Fax: 02131 - 3416-16
wissenschaft@yakult.de

Besuchen Sie uns im Internet unter: www.yakult.de/science

Text: Yakult Deutschland GmbH • Wissenschaftsabteilung

Layout/Druck: Warlich Druck RheinAhr GmbH Köln

Fotos: Seite 1 & 14 © Maygutyak, Fotolia; Seite 2 © Paulista, Fotolia; Seite 4 © auntspray, Fotolia; Seite 5 & 7 © Kateryna_Kon, Fotolia; Seite 6 © animaflora, Fotolia; Seite 8 © Africa Studio, Fotolia; Seite 9 © Marek, Fotolia; Seite 10 © pawopa3336, Fotolia; Seite 11 © Gary, Fotolia; Seite 12 © danilenko, Fotolia; Seite 13 © beawolf, Fotolia; Seite 15 © © Steve Taylor, gettyimages; Seite 16 © Spektral-Design, Fotolia; Seite 17 © Petrol, gettyimages; Seite 18 © Yakult; Seite 19 © womue, Fotolia

FASZINIERENDE EINBLICKE UND FAKTEN

Wer sind sie und wenn ja wie viele?

Die wichtigsten Eigenschaften von Bakterien und Mikroorganismen 4

Geht nicht, gibt's nicht!

Viele Bakterien werden für Alltag, Umwelt und Medizin genutzt 8

Ist da jemand?

In den unterschiedlichsten Lebensräumen finden wir Bakterien 10

Wir sind nicht alleine!

Unsere Mikrobiota im Darm, auf der Haut und um uns herum 12

Das Multi-Tasking Wunder.

Die Aufgaben und wichtigen Funktionen unserer Darmbakterien 14

Alles eine Frage der Balance!

Über das bakterielle (Un-)Gleichgewicht in unserer Darmmikrobiota 16

Genauer hingeschaut.

Das besondere an Milchsäurebakterien und Probiotika 18

Zu guter Letzt!

Referenzen und Tipps zum Weiterlesen 20

WER SIND SIE UND WENN JA WIE VIELE?

Die wichtigsten Eigenschaften von Bakterien und Mikroorganismen

Wir können Sie nicht sehen – und doch sind sie überall – in der Luft, im Wasser, im Boden, auf unserer Haut, in unserem Darm und sogar auf dieser Broschüre: Bakterien!



Der Begriff Bakterium ist aus dem Griechischen bakterion abgeleitet und bedeutet „Stäbchen“. Das bislang größte Bakterium der Welt, *Thiomargarita namibiensis*, wird bis zu 75 µm groß und ist gerade so mit dem bloßen Auge erkennbar.

Die kleinsten einzelligen Lebewesen

Bakterien sind mikroskopisch klein und zählen zusammen mit einigen Pilzen, Mikroalgen und Mesozoen (Mitteltiere) zu den Mikroorganismen. Sie sind so klein,

dass man sie normalerweise nur mit dem Mikroskop sehen kann. Je nach Art erreichen die meisten Bakterien eine Größe von 1 – 10 µm. Mindestens 50 Bakterien nebeneinander erreichen etwa den Durchmesser eines Haares.





Ein wichtiges Charakteristikum von Bakterien ist, dass sie einzellig und prokaryotisch sind. D. h. sie besitzen keinen echten Zellkern wie die Eukaryonten, zu denen Pflanzen, Tiere und auch der Mensch gehören.

Unterm Mikroskop sieht man die Vielfalt

Um Bakterien sichtbar zu machen, baute Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723) das erste Mikroskop. Er beschrieb drei verschiedene Bakterienformen: Bazillen, Kokken und Spirillen. Diese Grundformen finden sich auch heute noch in vielen Bakteriennamen wieder wie *Streptococcus* und *Lactobacillus*. Bazillen sind stäbchenförmig, Kokken kugelförmig und Spirillen spiralförmig. Neben der Form unterscheiden sich Bakterien auch in der Farbe. Es gibt sie in grün, blau, rot, gelb oder orange.

Zusätzlich können Bakterien noch eine oder mehrere Flagellen, auch Geißeln genannt, besitzen. Dies sind fadenförmige Strukturen an ihrer Oberfläche. Durch Rotation dieser Flagellen, ähnlich wie bei einer Schiffsschraube, können sie sich fortbewegen. Bis zu 3.000 Umdrehungen pro Minute können Flagellen schaffen und sind damit so schnell wie ein Elektromotor.

Das stärkste Bakterium und vielleicht auch kräftigste Lebewesen ist *Neisseria gonorrhoeae*. Mit seinen fädigen Strukturen, sogenannten Pili, hält es sich an Oberflächen fest. Dabei entwickeln sich Kräfte, die dem 10.000-fachen seines Gewichts entsprechen.

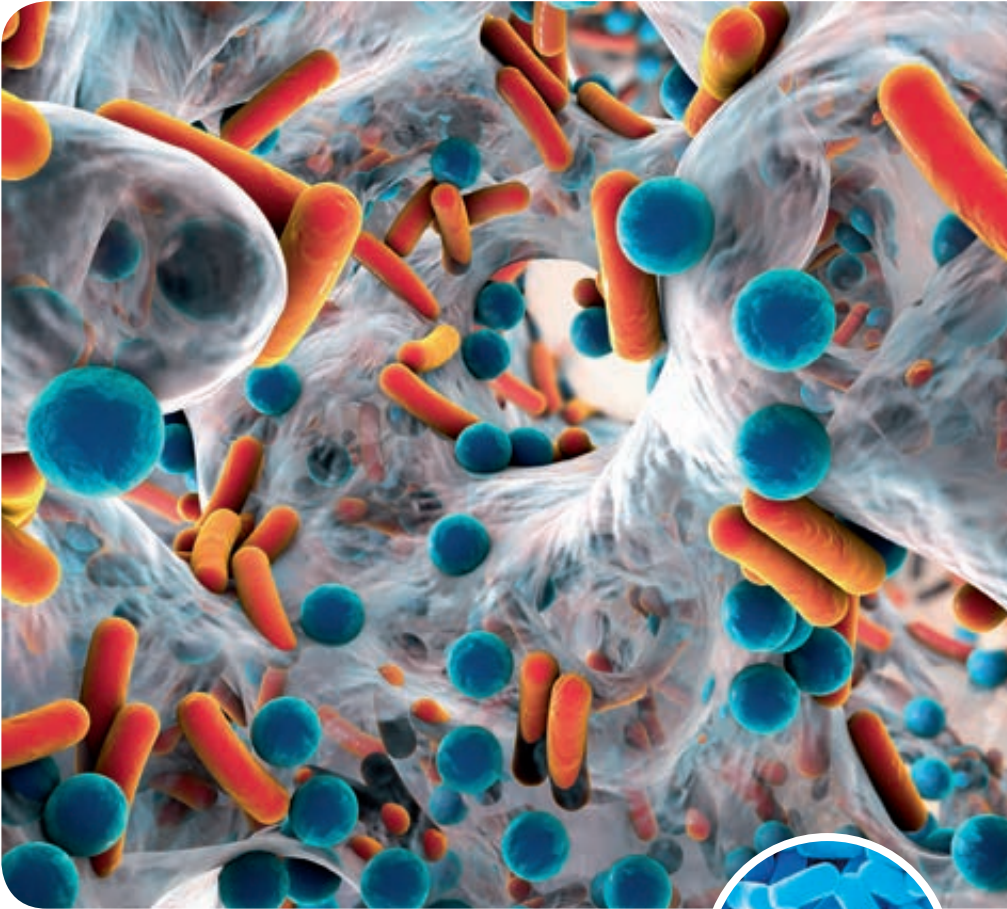
Die wenigsten Bakterienarten sind bekannt

Ein Teelöffel Erde enthält Millionen von Bakterien – ebenso wie ein Schnapsglas voll Ozeanwasser. Insgesamt wurden bislang ca. 10.000 verschiedene Bakterienarten beschrieben und benannt. Jedoch ist davon auszugehen, dass dies nur 1-10% der existierenden Bakterien ausmacht. Die meisten lassen sich nicht kultivieren und sind somit für uns sehr schwer zu erforschen.


Bakterien vermehren sich durch Teilung

Die Generationszeit ist die Zeit, in der sich die Bakterienzellen durch Teilung verdoppeln. Bei optimalen Bedingungen haben sie oft nur eine kurzlebige Generationszeit von 20-60 Minuten. Die Bakterienkolonie oder -kultur wächst dann exponentiell. Diese kann abhängig von den Wachstumsfaktoren lange fortbestehen. Die Angabe der Bakterienzahl in CFU oder KBE (colony-forming unit bzw.





Kolonie-bildende Einheit) beruht auf der klassischen Quantifizierungsmethode. Man streicht die Bakterien verdünnt auf Nährmedien aus, so dass diese möglichst vereinzelt werden. Nach Inkubation wächst überall dort, wo ein Bakterium lag, eine sichtbare Bakterienkolonie. Zählt man diese und berücksichtigt den Verdünnungsfaktor, erhält man die ursprüngliche Bakterienzahl in CFU.



Die vollständige Bezeichnung eines Bakteriums setzt sich aus der Gattung, Art und ggf. dem Bakterienstamm zusammen (z. B. *Lactobacillus casei* Shirota).

GEHT NICHT, GIBT'S NICHT!

Viele Bakterien werden für Alltag, Umwelt und Medizin genutzt

Die meisten denken bei Bakterien zuerst an Infektionen und Krankheiten. Aber die wenigsten Bakterien sind Krankheitserreger. Der überwiegende Teil der Bakterien lebt friedlich und erstaunlich angepasst um uns herum. Und einige haben unglaublich nützliche Eigenschaften.

Im Haushalt

In unserem Alltag begegnen wir immer wieder Produkten, die mit Hilfe von Bakterien hergestellt werden. So findet man beispielsweise in Waschmittel Lipasen und Proteasen zur Fleckentfernung, die von *Pseudomonas* und *Bacillus subtilis* hergestellt werden.

Auch in Zahnpasta sind verschiedene Enzyme enthalten. Diese werden ebenfalls von Mikroorganismen hergestellt und sollen die natürliche Zahnreinigung durch den Speichel unterstützen und bakteriellem Wachstum vorbeugen.



Für Medikamente

Bakterien bzw. deren Enzyme können biotechnologische Schritte bei der Herstellung von Medikamenten vereinfachen. Interferon-alpha ist ein solches Medikament. Dieses menschliche Protein, das im Blut vorkommt, wird u.a. zur Behandlung von AIDS, Gelbsucht und bestimmten Krebserkrankungen eingesetzt. Früher benötigte man ca. 40.000 Liter Spenderblut um 1 Gramm Interferon-alpha zu erhalten. Inzwischen stellen es gentechnisch veränderte Bakterien für uns her.

Das wahrscheinlich bekannteste Arzneimittel, das mit Hilfe von Bakterien produziert wird, ist Insulin. Bereits 1982 kam das aus gentechnisch veränderten *Escherichia coli* Bakterien gewonnene Insulin in den USA auf den Markt. Aktuell sind über 200 Arzneimittel in Deutschland zugelassen, die biotechnologisch hergestellt werden.



Lebensmittelherstellung

Auch bei der Lebensmittelherstellung gibt es viele Einsatzbereiche für Bakterien. Bei der Herstellung von Butter zum Beispiel wird neben anderen Bakterien *Leucostoc mesenteroides cremoris* eingesetzt. Es produziert den Stoff Diacetyl, der das typische Butteraroma ausmacht.

Eine der ältesten Verarbeitungstechniken für Lebensmittel ist die Fermentation. Fermentierte Lebensmittel wie Joghurt, Kefir, Sauerkraut oder auch das koreanische Kimchi werden mit Hilfe von Bakterien hergestellt. Die bakterielle Fermentation kann die Haltbarkeit von Lebensmitteln verlängern, die Konsistenz und den Geschmack verändern und sogar die Bioverfügbarkeit von Nährstoffen verbessern.

Für die Umwelt

Das vor der Insel Borkum entdeckte Bakterium *Alcanivorax borkumensis* baut Öl in Wasser fast vollständig ab. In sauberem Ozeanwasser findet man das Bakterium kaum. Es vermehrt sich stark, sobald Öl vorhanden ist und spielt daher eine wichtige Rolle bei der biologischen Sanierung der Meere.

2016 haben japanische Forscher das Bakterium *Ideonella sakaiensis* entdeckt und herausgefunden, dass es PET zersetzen kann. Vielleicht ist dieses Bakterium die Lösung für unsere mit Plastikmüll verschmutzten Meere?





IST DA JEMAND?

In den unterschiedlichsten Lebensräumen finden wir Bakterien

Bakterien sind in ihren physiologischen Prozessen extrem vielseitig. Diese Anpassungsfähigkeit des Stoffwechsels erklärt, warum es kaum einen Ort auf der Erde gibt, an dem man Bakterien nicht antrifft.

Nach einem Vulkanausbruch auf der spanischen Insel Hierro fand man bisher unbekannte Bakterien 130 Meter tief im Meer um den Vulkan herum. Dort, wo fast

alles Leben abgestorben ist, findet *Thiolo-*
va veneris optimale Lebensbedingungen.

Deinococcus radiodurans ist extrem überlebensfähig gegenüber hohen Dosen an radioaktiver und UV-Strahlung. Vermutlich besitzt es einen besonders effizienten DNA-Reparaturmechanismus.

Einige Bakterien sichern ihr Überleben durch die Bildung von Sporen, welche viele Jahre überstehen können. Die ältesten Sporen haben Wissenschaftler in Salzkristallen entdeckt. Daraus konnten sie 250 Millionen Jahre alte Bakterien der Gattung *Bacillus* neu anzüchten.

Viele Bakterien benötigen, genau wie wir Menschen, Sauerstoff zum Überleben, sogenannte Aerobier. Andere Bakterien haben jedoch einen Weg gefunden ohne Sauerstoff, also anaerob, zu leben. Eine sauerstoffhaltige Umgebung kann deren Wachstum gegebenenfalls sogar hemmen oder sie abtöten. Es gibt aber auch ganz flexible Bakterien – sie passen ihren Stoffwechsel an die äußeren Gegebenheiten an. So können sie sowohl aerob, als auch anaerob überleben.

Planococcus halocryophilus OR1 liebt Kälte. Das Bakterium ist in Dauerfrostregionen der Arktis zuhause. Dort lebt es in Salzadern, die durch den hohen Salzgehalt nicht einfrieren, und ist bis minus 25°C metabolisch aktiv.

Insgesamt besiedeln mehr als 1.000 verschiedene Bakterienarten den menschlichen Körper. Die meisten Bakterien finden sich im Dickdarm.

Aber auch unsere Haut, Nase, Mundhöhle und andere Oberflächen sind kolonisiert. Nicht nur von Bakterien, auch von Pilzen und Viren, und viele von ihnen erfüllen wichtige Aufgaben.



WIR SIND NICHT ALLEINE!

Unsere Mikrobiota im Darm, auf der Haut und um uns herum

In und auf unserem Körper leben viele Millionen Bakterien. Auch wenn man dabei oft an Krankheiten denkt, sind die meisten davon doch sehr nützlich für uns. Gemeinsam mit allen anderen Mikroorganismen werden sie als menschliche Mikrobiota bezeichnet.



Eine zunehmende Anzahl Studien belegt einen Zusammenhang zwischen der Darmmikrobiota und unserer Gesundheit.

Unsere Mikrobiota ist lebenswichtig

Die Gene dieser Mikroorganismen bilden das Mikrobiom, welches ca. 3,3 Millionen Gene umfasst. Die Mikrobiota stellt so ein großes zusätzliches enzymatisches Repertoire dar, welches bei Stoffwechselprozessen involviert ist.

Die Zusammensetzung und vor allem die Diversität zeigen sich signifikant verändert bei Erkrankungen wie Reizdarm-Syndrom, Chronisch entzündlichen Darmerkrankungen, Allergien, Autoimmunerkrankungen, Diabetes oder Adipositas.



So individuell wie ein Fingerabdruck

Pro Stunde gibt jeder von uns ca. 1.000.000 Mikroben an unsere Umwelt ab. Ganz individuell und selbst dann, wenn wir uns nicht oder nur wenig bewegen.



Forscher haben herausgefunden, dass wir von unserer persönlichen Mikrobe-Wolke umgeben sind, anhand derer man Personen sogar identifizieren kann. Unsere Mikroben sind dabei nicht nur in der Luft, sondern auch an den Gegenständen um uns herum zu finden.

In unserem gesamten Gastrointestinaltrakt gibt es ungefähr $3,8 \times 10^{13}$ Bakterien. Das sind mindestens so viele Bakterien wie menschliche Zellen in unserem Körper.

DAS MULTI-TASKING WUNDER.

Die Aufgaben und wichtigen Funktionen unserer Darmbakterien

Erweiterung des Stoffwechsels

Die genetische Vielfalt unserer Darmbakterien ermöglicht ihnen Stoffwechselfunktionen zu erfüllen, zu denen wir selbst nicht in der Lage sind. So können sie verschiedene Vitamine und Aminosäuren synthetisieren, die wir anschließend absorbieren und für uns nutzen können. Auch fermentieren sie Nahrungsbestandteile wie Ballaststoffe, die für uns ansonsten unverdaulich sind. Die dabei entstehenden kurzkettigen Fettsäuren dienen unseren Zellen der Darmschleimhaut als Energiequelle und haben zusätzlich entzündungshemmende Eigenschaften.

Training für Toleranz

Interessant ist das Zusammenspiel der Mikroben mit unserem Immunsystem. Unsere Mikrobiota ist in der Lage mit unseren Immunzellen zu interagieren und verschiedene Immunantworten auszulösen. Wir lernen von Ihnen gefahrlose, oft nützliche Mikroorganismen in unserem Darm zu tolerieren – genauso wie bestimmte Allergene. Durch diese erlernte Toleranz können wir uns effizient gegen gefährliche Eindringlinge verteidigen und leiden seltener unter Allergien.





Hilfe bei der Abwehr

Die guten Mikroben in unserem Darm unterstützen uns auch auf andere Weise im Kampf gegen pathogene Erreger. Sie produzieren antimikrobielle Substanzen, verdrängen Krankheitserreger durch Konkurrenz um lebensnotwendige Nährstoffe und bilden eine Schutzschicht über der Darmwand, indem sie sich an die Darmzellen binden. Die Produktion der kurzkettigen Fettsäuren senkt außerdem den pH-Wert und erschwert so das Überleben der meisten Pathogene. Gleichzeitig dienen sie den Zellen als Energiequelle, wodurch die Darmbarriere zusätzlich gestärkt wird.

Unsere Darmflora ist ein außergewöhnlich komplexes Ökosystem, das sich sowohl aus guten als auch schlechten Bakterien zusammensetzt.

Die guten Bakterien sind an einer Reihe gesundheitsförderlicher Prozesse beteiligt:

- Sie unterstützen das Immunsystem;
- Sie hemmen das „schlechte“ Bakterienwachstum;
- Sie sind am Verdauungsprozess beteiligt;
- Sie unterstützen die Darmbewegung;
- Sie produzieren Vitamine (wie Vitamin K, Vitamin B12 etc.) und einige Aminosäuren.

ALLES EINE FRAGE DER BALANCE!

Über das bakterielle (Un-)Gleichgewicht in unserer Darmmikrobiota

In einem gesunden Garten wachsen reichlich Blumen und Pflanzen. Hier und da ein wenig Unkraut macht nichts. Unkraut wird nur zu einem Problem, wenn der Garten nicht gepflegt wird, das Unkraut sich ausbreitet und schließlich die eigentliche Vegetation verdrängt. Dieses Prinzip gilt auch in unserem Körper.



In einer gesunden Darmmikrobiota gibt es eine Balance zwischen nützlichen, neutralen und schädlichen Bakterien, so dass unerwünschte Gäste keine Chance haben, Wurzeln zu schlagen und sich zu vermehren. Es gibt jedoch Faktoren, die dieses Gleichgewicht stören.



Ernährung:

Eine einseitige Ernährung mit zu viel Salz, Zucker, Alkohol und Fetten sowie ein Mangel an Ballaststoffen reduziert die Bakterienvielfalt in unserem Darm. Eine abwechslungsreiche Ernährung mit viel Obst, Gemüse und Vollkornprodukten ist daher besonders wichtig.

Antibiotika:

Diese oftmals nützlichen Medikamente bewahren uns vor Krankheiten, indem sie pathogene Erreger abtöten. Gleichzeitig vernichten sie leider oft auch die nützlichen Bakterien in unserem Verdauungstrakt. Antibiotika sind nicht immer sinnvoll, besonders bei viralen Infekten helfen sie nicht.

Stress:

Die Forschung zeigt, dass zu viel Stress ebenfalls negative Auswirkungen auf das empfindliche Gleichgewicht in unserem Darm haben kann und die Diversität der Bakterien reduziert. Zeit für Pausen und Entspannung tut also auch unseren Mitbewohnern gut!

Alter:

Mit den Jahren ändert sich die Zusammensetzung unserer Mikrobiota zum Nachteil für die eher nützlichen Bakterien. Ein Grund mehr, sich ausgewogen zu ernähren und auf eine gesunde Lebensweise zu achten.

Achtsamkeit für die Balance

Durch achtsames Essen können wir Stress abbauen. Beim intensiven Schmecken, Riechen und Betrachten ist man mit seiner Aufmerksamkeit ganz bei sich. Wir lernen uns und unseren Körper besser kennen. Wir erleben bewusster, was unsere individuellen Bedürfnisse sind, was uns satt und zufrieden macht. Das hilft uns, gesund zu bleiben und unser (Gleich-)Gewicht zu halten.



GENAUER HINGESCHAUT.

Das Besondere an Milchsäurebakterien und Probiotika

Milchsäurebakterium ist nicht gleich Milchsäurebakterium. Diese Gruppe ist in der Taxonomie vergleichbar mit der Ordnung der Primaten. Hierzu zählen sowohl der Mensch als auch Lemuren, Löwenäffchen, Paviane oder Schimpansen. Unter den Milchsäurebakterien bzw. Lactobacillales gibt es pathogene Vertreter wie *Streptococcus pyogenes*, das Mandelentzündungen auslöst, sowie *Leuconostoc mesenteroides*, welches zur Herstellung von Sauerkraut hilfreich ist.

Milchsäurebakterien sind gram-positiv und fermentieren Kohlenhydrate zu Milchsäure. Die Gattung *Lactobacillus* beinhaltet nützliche Vertreter, die vor allem auf den Schleimhäuten des Menschen bzw. von Säugetieren vorkommen. Sie leben in einer Symbiose mit ihrem Wirt oder werden in der Lebensmittelherstellung (Fermentation) eingesetzt.

Um das Gleichgewicht der Mikrobiota zu fördern, kann der Einsatz probiotischer Milchsäurebakterien hilfreich sein. Sie können die Magenbarriere überwinden und gelangen lebend in den Darm.



Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) definiert Probiotika als „lebende Mikroorganismen, die dem Wirt einen gesundheitlichen Vorteil bringen, wenn sie in ausreichender Menge aufgenommen werden“. Dazu zählen u.a. Lactobacillen, deren ideales natürliches Habitat Milch und Milchderivate sind.



Eine besondere Eigenschaft probiotischer Bakterienstämme ist das Überleben der Magen-Darm-Passage. So erreichen sie lebend den Darm. Sie wachsen und vermehren sich vor allem im Dickdarm und erhalten dort ein natürliches Gleichgewicht aufrecht.

Der Begriff Probiotika leitet sich aus dem Griechischen „pros bios“ ab, was so viel bedeutet wie „für das Leben“.



Taxonomie der Bakterien im Vergleich zum Mensch

Domäne	Eukaryonten	Prokaryonten
Stamm/Phylum	Chordata	Firmicutes
Klasse	Säugetiere	Bacilli
Ordnung	Primaten	Lactobacillales (Milchsäurebakterien)
Familie	Hominidae (Menschenaffen)	Lactobacillaceae
Gattung	Homo	Lactobacillus
Spezies	Homo sapiens	Lactobacillus casei

ZU GUTER LETZT!

Referenzen und Tipps zum Weiterlesen

Fachbücher

Allgemeine Mikrobiologie von Georg Fuchs, Thomas Eitinger, Johann Heider, Böttcher, Erika Kothe (2014). Thieme Verlag Stuttgart. ISBN: 9783134446098

Mikrobiologie: Eine Wissenschaft mit Zukunft von Joan L. Slonczewski und John W. Foster (2012). Springer Spektrum. ISBN 9783827429094

Brock Mikrobiologie von Michael T. Madigan, John M. Martinko, David A. Stahl, David P. Clark (2013). Pearson Studium – Biologie, ISBN: 9783868942606

Lactobacillus casei Shirota

16-seitige Fachbroschüre für den Überblick zu den wichtigsten Eigenschaften und Humanstudien. Kostenfrei zu bestellen unter wissenschaft@yakult.de oder www.yakult.de/science

Mikrobenzirkus

Wissenschaftsblog mit interessanten Neuigkeiten aus der Welt der Mikroorganismen unter www.mikrobenzirkus.com

Micropia

Das erste Museum nur über Mikroben in Amsterdam. Besuchen Sie diesen faszinierenden Teil des Royal Artis Zoo in den Niederlanden. www.micropia.nl

Yakult Deutschland GmbH | **Wissenschaftsabteilung**

Forumstraße 2 | 41468 Neuss | Telefon: 02131 3416-34 | Fax: 02131 3416-16

E-Mail: wissenschaft@yakult.de

Besuchen Sie uns im Internet unter: www.yakult.de/science

Yakult