

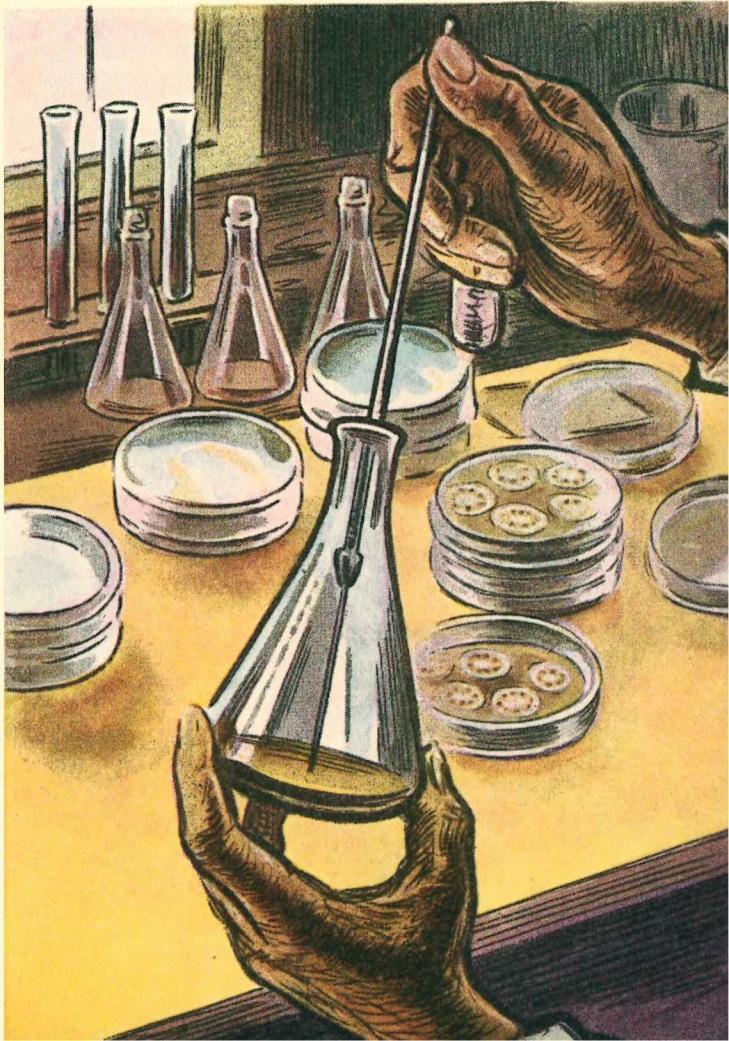
UNSERE WELT  
GRUPPE 2

BIOLOGIE

von der Natur und  
ihren Gesetzen

# EINFACHE VERSUCHE MIT BAKTERIEN UND PILZEN

VON W. HELLWIG



dkv

DER KINDERBUCHVERLAG  
BERLIN

W. HELLWIG

EINFACHE VERSUCHE  
MIT BAKTERIEN UND PILZEN

R. u.  
15.



DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN

**Umschlagbild und Illustrationen: Helmut Klöss**

Alle Rechte vorbehalten. Copyright 1951 by Der Kinderbuchverlag Berlin.  
Veröffentlicht unter Lizenznummer 304—376/86/51. Satz und Druck: (III/9/1)  
Sachsenverlag, Druckerei- u. Verlags-Gesellschaft mbH, Dresden N 23, Riesaer  
Straße 32 5703.

**Preis: 0,60 DM**

B e s t e l l n u m m e r 1 3 5 1 4 . 1.—30. Tausend 1951. Für Leser von 14 Jahren an.

## **1. Was wollen wir tun?**

Von Bakterien habt ihr alle schon etwas gehört. Ihr wißt, daß sie die Ursache vieler ansteckender Krankheiten sind und daß wir uns vor ihnen hüten müssen. Gesehen habt ihr Bakterien bestimmt noch nicht, höchstens eine Zeichnung von ihnen an der Wandtafel oder eine Abbildung im Biologiebuch. Es wird euch vielleicht bekannt sein, daß Bakterien Pflanzen sind, so winzig klein, daß tausend von ihnen nebeneinandergelegt erst einen Millimeter lang sind! Sehen kann man sie also mit bloßem Auge nicht, dazu braucht man ein starkes optisches Instrument zum Vergrößern, ein Mikroskop. Nicht jeder Arbeitsgemeinschaft steht ein Mikroskop zur Verfügung, und nicht jeder hat schon gelernt, damit umzugehen. Aber wir können es viel einfacher haben, wenn wir Bakterien sehen wollen, auch ohne Mikroskop. Wir lassen sie wachsen und sich vermehren, und wenn dann Tausende und aber Tausende von ihnen dicht gedrängt auf einem Haufen sitzen, können wir diese „Kolonien“ ohne Mühe mit bloßem Auge wahrnehmen, und das soll Ziel und Zweck unserer Arbeit sein: Wir wollen uns Bakterien einfangen, aus der Luft, aus dem Wasser, aus der Milch; wir wollen sie wachsen lassen, sie also gewissermaßen züchten, um so ihre Lebensgewohnheiten kennenzulernen und zu studieren. Wir wollen dann auch zählen, wieviel Bakterien in unserem Trinkwasser, im Klassenzimmer, in der Turnhalle umherschwaben. Wir wollen mit eigenen Augen sehen, wieviel Bakterien an unseren Fingern und Geldscheinen kleben. Wir wollen uns selbst davon überzeugen, daß Fliegen Bakterien und damit auch Krankheiten übertragen können. Diese und noch viele andere interessante Dinge wollen wir kennenlernen.

Dabei werden wir aber nicht planlos umherexperimentieren, sondern einen methodisch und wissenschaftlich richtigen Weg gehen. Und der Gewinn, den wir von unserer Arbeit haben? Eure Aufgabe ist es zu lernen. Aber ihr sollt kein totes Wissen ansammeln, sondern euch ein lebendiges, durch eigene Beobachtungen und Experimente bestätigtes Wissen erarbeiten. Nun, besteht nicht die Möglichkeit, daß der eine oder andere von euch an diesen Untersuchungen Freude und Interesse gewinnt und sie sich als Lebensaufgabe wählt? Zuverlässige und gewissenhafte Mädchen und Jungen können später in Laboratorien, Kliniken und wissenschaftlichen Instituten als Helfer und, wenn sie sich bewährt haben, als Forscher wertvolle Arbeit leisten! Ihr wißt ja, daß es heute lediglich auf die eigene Tüchtigkeit ankommt, ob einer von euch Arzt oder Wissenschaftler wird; Können und Liebe zur Sache sind die Voraussetzungen dafür.

Nun, aber werden gewiß viele von euch fragen: Ja, das ist alles ganz schön und gut, aber ist es nicht eine recht gefährliche Sache, mit Bakterien, also mit Krankheitserregern, zu arbeiten? Wir werden selbstverständlich unser

Untersuchungsmaterial nicht gerade aus Eiterbeulen und Geschwüren beziehen. Es gibt nämlich eine sehr große Anzahl von Bakterien, die ganz harmlos sind und uns auf keinen Fall schaden, ja, die uns sogar helfen und nützlich sind. Nur mit diesen wollen wir uns beschäftigen. Sollten wir beim Einfangen wirklich einmal einen krankheitserregenden oder, wie man sagt, pathogenen Keim erwischen, so wird ihm unsere Behandlung und Pflege bald so schlecht bekommen, daß er zugrunde geht. Trotzdem wollen wir uns aber immer so verhalten, als seien unsere Bakterien recht giftig. Wir wollen alle Vorschriften beachten, die auch in Laboratorien und Krankenhäusern angewendet werden — aus Vorsicht, aber auch, um uns an exaktes und gewissenhaftes bakteriologisches Arbeiten zu gewöhnen. Wer das nicht tut, wer unsauber und nachlässig ist, muß damit rechnen, daß ihm viele Versuche nicht gelingen, und wird gar bald Lust und Liebe zur Sache verlieren.

Noch zwei Fragen müssen wir klären: Sind diese Versuche mit Bakterien etwa schwierig auszuführen, und sind sie nicht recht teuer und kostspielig? Die erste Frage können wir ohne weiteres verneinen. Zur zweiten können wir sagen, daß wir mit den bescheidensten Mitteln auskommen werden. Gewiß, Verschiedenes muß angeschafft werden, denn zu jeder Arbeit gehört Handwerkszeug. Im übrigen können wir unsere Ausrüstung auch nach und nach ergänzen und vervollständigen. Und nun wollen wir uns an die Arbeit machen!

## 2. Wie wir unser Labor einrichten

Unser Laboratorium — klingt das nicht etwas zu großartig? Gewiß, der Fachmann mag vielleicht lächeln, wenn er an neuzeitliche, weißgekachelte und mit allen Errungenschaften der modernen Technik ausgestattete Forschungsstätten denkt und erfährt, daß unser Labor nur die Ecke unseres Zimmers ist! Aber hat nicht auch der Begründer der bakteriologischen Wissenschaft, der schlichte Landarzt Robert Koch, nur in der Ecke seines Arbeitszimmers seine Untersuchungen und Experimente durchgeführt? Erzielte er nicht auch mit den einfachsten Mitteln die größtartigsten Ergebnisse, die ihn weit über Deutschlands Grenzen hinaus berühmt gemacht haben? (Wer Näheres über den großen Bakteriologen erfahren will, sei auf das im Volk und Wissen Verlag erschienene Bändchen „Robert Koch“ hingewiesen. Der Preis beträgt 1 DM.)

Auch wir wollen so bescheiden sein: Wenn wir keinen Schrank haben, besorgen wir uns eine gewöhnliche, nicht zu kleine Holzkiste, deren Deckel wir mit Scharnieren befestigen. Wir stellen die Kiste ähnlich wie einen Schrank

in unserem Arbeitsraum auf. Durch einige Querbretter teilen wir sie in verschieden hohe Fächer. Bekleben wir die Kiste jetzt noch von außen mit Tapete oder Packpapier, so haben wir einen zweckmäßigen Aufbewahrungsort für unsere Kulturen sowie für unser gesamtes Arbeitsgerät. Wir brauchen nichts umherstehen zu lassen, und das ist wichtig. Denn erstens vertragen viele Bakterien das Licht nicht, und zweitens schützen wir auf diese Weise alles am besten vor dem Verstauben. Wir wollen uns gleich einprägen, daß Staub der größte Feind jeder bakteriologischen Arbeit ist! Außerdem können wir dadurch auch verhindern, daß irgendein Unbefugter unsere Versuche stört. Deshalb immer gut aufräumen und möglichst abschließen!

Wir wollen uns noch einige Grundsätze merken, die auch unsere „richtigen“ Kollegen stets bei ihren Arbeiten beachten. Wie wir bereits gesagt haben, ist der Staub unser größter Feind. Wenn wir also Versuche ausführen, muß um uns möglichst Ruhe herrschen. Es geht nicht, daß vielleicht gerade eine Decke ausgeschüttelt wird oder unsere Kameraden im Zimmer Ringkämpfe veranstalten. Unsern Arbeitstisch wischen wir kurz vorher mit einem Desinfektionsmittel ab oder legen einen Bogen sauberes Papier auf. Alle Geräte, die wir während der Untersuchung oder des Versuchs brauchen, stellen wir uns vorher zurecht. Alte Gläser oder Schalen mit Kulturen, die wir nicht mehr benötigen, säubern wir sofort oder übergießen ihren Inhalt mit Desinfektionslösung. Unsere Impfnadeln ziehen wir vor und nach dem Gebrauch durch eine Flamme, um alle anhaftenden Keime zu vernichten. Nach dem Arbeiten waschen wir uns die Hände gründlichst, am besten ebenfalls mit einem schwachen Desinfektionsmittel. Auf die gleiche Weise werden etwaige Verunreinigungen des Tisches oder des Fußbodens beseitigt. Gut ist es, wenn wir uns zum Arbeiten eine Igelitschürze umbinden. Das klingt alles viel umständlicher und schwieriger, als es in Wirklichkeit ist. Es sind selbstverständliche Dinge und Handgriffe, die uns bald so geläufig sein werden, daß wir sie gar nicht mehr als Belastung verspüren, sondern sie rein mechanisch tun, und die uns vor Mißerfolgen bewahren, die uns den Mut zur Weiterarbeit nehmen könnten.

Welche Geräte und Chemikalien brauchen wir nun für unsere Arbeiten? Zunächst war schon mehrfach von einer Desinfektionsflüssigkeit die Rede. Wir können eines der vielen in Apotheken und Drogerien erhältlichen Mittel anwenden, die zwar gut, mitunter aber auch recht teuer sind. Für unsere Zwecke eignet sich sehr gut das Chloramin, ein weißes, in Wasser lösliches Pulver. Wir stellen uns in einer größeren Flasche (am besten aus braunem Glas) eine 1prozentige Lösung her, indem wir 1 Teil Chloramin mit 100 Teilen Wasser auffüllen. Diese Lösung schützen wir möglichst vor Licht. Ferner haben wir schon gelesen, daß wir auch Impfnadeln brauchen. Diese stellen wir uns selbst her. Ein Stück einer alten Kocherspirale

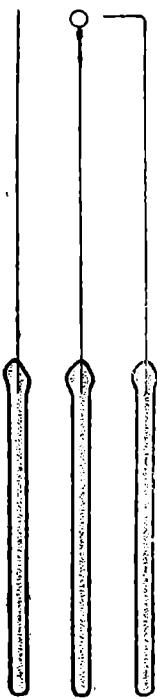
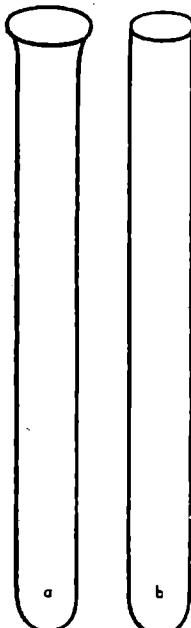


Abb. 1 Impfnadeln



oder dergleichen glätten wir, indem wir es mehrere Male über eine Tischkante ziehen, und schneiden hiervon ein etwa 10 cm langes, gerades Stück ab. Dieses Drahtstück müssen wir nun in ein 3 bis 4 mm starkes Glasstäbchen oder -röhrchen von etwa 20 cm Länge einschmelzen. Vielleicht bitten wir unsren Chemielehrer oder einen Freund der Arbeitsgemeinschaft Chemie, daß er uns dabei hilft. Es ist ratsam, mehrere solcher Impfnadeln herzustellen, die wir dann mit einer Spalte, einem Hükchen und mehreren Ösen (2 bis 3 mm Durchmesser) versehen (Abb. 1).

Weiter brauchen wir eine Flamme, um die Nadel vor und nach Gebrauch auszuglühen. Im Notfall genügt eine Kerzenflamme. Besser ist allerdings ein kleines Spirituslämpchen. Auch das können wir uns selbst herstellen, wenn wir eine Glasdose oder ein Fläschchen mit einem Blechdeckel haben. In den Deckel bohren wir eine kleine Öffnung und ziehen ein Stück alte Vorhangsnur als Docht ein. Wir bitten die Krankenschwester des Ortes oder den Schularzt um etwas Spiritus; sonst können wir ihn auch im Konsum kaufen. Zwar läßt sich auch Brennöl verwenden, es hat aber denselben Nachteil wie die Kerzenflamme: es rußt. Kaufen müssen wir auf jeden Fall einen kleinen Glastrichter von 3 bis 4 cm Durchmesser, ferner 1 bis 2 Dutzend Kulturröhrchen (Reagenzgläser), eine (möglichst graduerte, das heißt mit Gradeinteilung versehene) Pipette, einige Bogen Filterpapier sowie einige Petrischalen. Von den Reagenzgläsern kaufen wir uns zweckmäßig solche aus stärkerem Glas, ohne Rand (sogenannte bakteriologische Reagenzgläser), von etwa 16 mm Weite und 160 mm Länge (Abb. 2). Sie sind zwar etwas teurer als die gewöhnlichen Reagenzgläser, die wir im Chemieunterricht verwenden, dafür aber auch haltbarer. Petrischalen sind flache, 1 bis 1½ cm hohe Doppelschalen aus Glas, die in verschiedenen Größen zu haben sind (Abb. 3). Wir bestellen sie durch unsere Schule. Um Material zu sparen, verwenden wir hauptsächlich Petrischalen von etwa 7 cm Durchmesser. Es ist jedoch gut, wenn wir noch einige kleinere und auch größere Schalen haben. Außerdem sammeln wir einige Arzneifläschchen von 20 bis 50 cm<sup>3</sup> Inhalt, wenn wir die Ausgabe für Erlenmeyerkolben sparen wollen. Zum Verschließen unserer

Abb. 2 Reagenzgläser a) mit Rand (für chemische Versuche)  
b) ohne Rand (bakteriologische Form)

Röhrchen und Fläschchen verwenden wir Zellstoffwatte, die wir in jeder Drogerie für wenig Geld bekommen.

Nun noch ein Hinweis, dessen Beachtung sich bestimmt lohnt! Fast in jeder kleinen Stadt, sicher aber in jedem Krankenhaus oder jeder Poliklinik ist ein Laboratorium für bakteriologisch-diagnostische Untersuchungen. Sucht einmal dessen Leiter auf, erzählt ihm von eurer Arbeit und bittet ihn, euch zu unterstützen! Ihr werdet dadurch manchen Vorteil haben, sei es durch gute Ratschläge oder durch praktische Unterstützung mit Nährböden und Bakterienkulturen. Eine derartige Patenschaft wird eurer Arbeit förderlich sein.

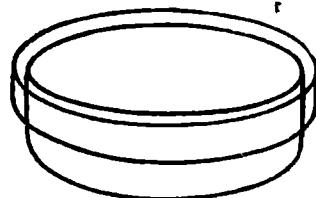


Abb. 3 Petrischale

Vielleicht erhaltet ihr von einem solchen Institut die zwei Bakterienreinkulturen kostenlos, die wir zu unseren Versuchen brauchen. Wenn nicht, müssen wir sie uns anschaffen, und zwar nur einmal für die Arbeitsgemeinschaft. Jeder einzelne von uns kann sich dann seine Kultur durch Abimpfen herstellen. Es handelt sich einmal um den für Mensch und Tier unschädlichen „Hostienpilz“ (*Bacterium prodigiosum*). Er bildet auf stärkehaltigen Nährböden einen schönen ziegelroten Farbstoff. Im Mittelalter trat er mitunter auf den kirchlichen Hostien auf und veranlaßte die abergläubische Menschheit zu Juden- und Hexenverfolgungen.

Im Darm von Mensch und Tier kommen auch Bakterien vor, die zur Gruppe der Colibakterien zusammengefaßt werden. Von diesem *Bacterium coli* besorgen wir uns auch einen Stamm zu unseren Versuchen. (Bezugsquellen im Anhang.) Dieses *Bacterium coli* bestätigt uns übrigens, daß Mitschurin den Einfluß der Umwelt auf die Lebewesen richtig erkannt hat. Normalerweise ist *Bacterium coli* ein harmloser, anscheinend sogar nützlicher Saprophyt (Fäulnisbewohner) des menschlichen und tierischen Darms. Ist ein Organismus aber einmal geschwächt, zum Beispiel durch verdorbene Nahrungsmittel oder Stillstand der Darmtätigkeit, dann kann diese harmlose Mikrobe eine Reihe von gefährlichen, ja sogar tödlichen Entzündungsprozessen hervorrufen. Lyssenko sagte: „Mikroorganismen, die keine lange Lebensdauer besitzen, passen sich in ihren Erbanlagen leicht den sich ändernden Bedingungen der Umwelt an.“ Auch die Mitschurinsche Lehre von der vegetativen Hybridisation (der ungeschlechtlichen Kreuzung) eröffnet neue Wege und Ziele, die Lebenstätigkeit der Mikroorganismen im Boden, im Wasser, im kranken Menschen und Tier zu erforschen. Es kann kein Zweifel darüber bestehen, daß die Entwicklung von Untersuchungen in dieser Richtung völlig neue Tatsachen ans Licht bringen wird, die auch für die Heilung von Krankheiten bei Menschen und Tieren von größter Bedeutung sein werden.

### 3. Die Herstellung von Nährösungen

Damit unsere Bakterien wachsen können, müssen wir ihnen den Nährboden bieten, den sie zum Gedeihen brauchen. Nun sind unsere Bakterien „Feinschmecker“. Sie wollen Bouillon (Fleischbrühe)! Ist das nicht sonderbar? Pflanzen — die Bakterien gehören bekanntlich zu den Pflanzen — ernähren sich von Fleischbrühel! Deshalb besorgen wir uns zunächst Brühwürfel. Einen Würfel von der Größe eines Maggiwürfels lösen wir in etwa 300 cm<sup>3</sup> Wasser auf. Wir lassen die Brühe kurz aufkochen und dann abkühlen, so daß die auf ihr schwimmenden Fettaugen erstarrten. Um nun unsere Fleischbrühe von diesen Fettaugen und dem durch das Kochen gebildeten Eiweißgerinnsel zu trennen, gießen wir alles durch einen Papierfilter (Filterpapier in einen Trichter legen) und erhalten nun eine klare Nährösung. (Gelingt es uns, eventuell Fleischextrakt zu beschaffen, so ersetzen wir den Brühwürfel durch 1prozentigen Fleischextrakt und fügen 0,5 g Kochsalz hinzu.)

Ebenso gern wachsen Bakterien auf Hefewasser, das leicht herzustellen ist. Wir kochen 25 g Bäckerhefe in 1/4 Liter Wasser unter Umrühren 10 bis 15 Minuten lang und lassen dann 3 bis 4 Stunden stehen. Die Hefezellen setzen sich am Boden ab; die darüberstehende schwach trübe, gelbliche Flüssigkeit gießen wir nun vorsichtig, um nicht den Bodensatz aufzurühren, durch einen Filter.

Beide Nährösungen sind für unsere Versuche gleich gut geeignet. Nun stellen wir unsere Reagenzgläser in ein Gestell und füllen jedes Glas gleichmäßig auf etwa 1/3 seiner Länge mit Nährbouillon oder Hefewasser. Wenn wir nicht genügend Reagenzgläser haben, können wir auch den Rest der Nährösung in Erlenmeyerkolben oder Medizinfläschchen abfüllen. Alle Gläschchen und Fläschchen werden sofort mit einem Wattebausch verschlossen. In der Technik der Wattepropfenherstellung müssen wir zunächst einige Übung erlangen. Anfangs werden die Bäusche oft zu groß oder zu klein, zu fest oder zu locker werden. Also nicht gleich die Geduld verlieren! Ein Paket Zellwatte (nicht Verbandwatte!) legen wir ausgebreitet auf einen sauberen Tisch. Dabei werden wir feststellen, daß diese Zellwatte aus vielen Lagen dünner Zellstoffblättchen besteht. 10 bis 15 Lagen heben wir ab und schneiden mit einer Schere 3 cm lange Streifen, wobei wir darauf achten müssen, daß die Papierfaserung senkrecht zur Schnittrichtung verläuft (Abb. 4)! Den abgeschnittenen Streifen legen wir auf den Tisch und rollen ihn zwischen Daumen und Zeigefinger beider Hände nicht zu fest, aber auch nicht zu locker, zu einer kleinen Walze. Wie dick diese Walze werden soll, müssen wir ausprobieren. Paßt der Stöpsel nicht mehr ins Reagenzglas, sowickeln wir ihn ein Stück auf und schneiden soviel von dem Streifen ab, bis er mit leichtem Druck in das Glas hineingeht. Er soll zur Hälfte im Glas stecken und zur Hälfte herausragen, so daß wir ihn bequem anfassen können. Also wie gesagt, hier geht probie-

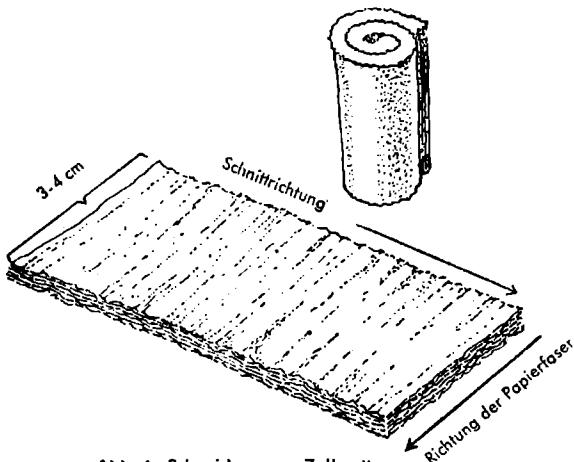


Abb. 4 Schneiden von Zellwolle

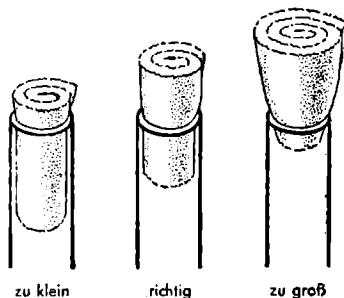


Abb. 5 Die richtige Größe der Wattestopfen

ren über studieren! Und fällt der eine oder andere Wattebausch nicht immer ganz vorschriftsmäßig aus, so ist das auch weiter kein Unglück, bald werden wir den Kniff heraushaben (Abb. 5).

Unsere Nährlösung müssen wir nun noch keimfrei machen. Wenn wir unsere Gläschchen nämlich so stehen ließen, würde sich in ihnen bald eine Trübung und damit unerwünschtes Bakterienwachstum zeigen; denn aus der Luft wären inzwischen zahlreiche Keime hineingelangt. Dieses Abtöten oder Sterilisieren der Keime geschieht, indem wir alle Gläschchen und Fläschchen in einen großen hohen Topf stellen, wobei wir beachten müssen, daß kein Gläschchen umfällt und dabei der Wattebausch benetzt wird. Ist der Topf zu groß, dann stellen wir mit Wasser gefüllte Medizinfläschchen zum Ausfüllen der Lücken mit hinein. Wir können auch eine leere Konservenbüchse, deren Boden und Wände wir durchlöchert haben, verwenden und unsere Gläser hineinstellen. Am praktischsten ist ein kleiner Drahtkorb. Ehe wir den Topf zudecken, müssen wir auf jeden Fall Wasser hineinfüllen, und zwar soviel, daß es 10 cm hoch steht. Auf einem Herd oder Kocher bringen wir nun das Wasser zum Kochen und lassen es 30 bis 40 Minuten kochen. Wird diese Zeit noch überschritten, so ist das auf keinen Fall schädlich, im Gegenteil.

Wenn wir nun den Topf erkalten lassen und ihn aufdecken, werden wir mitunter feststellen, daß manche Gläser, die wir nur zu einem Drittel gefüllt haben, jetzt ganz gefüllt sind! Wir stehen vor einem Rätsel. Und doch ist die Lösung ganz einfach: Das Wasser im Topf verdampft, und der Dampf kondensiert sich am Deckel wieder zu Wassertröpfchen. Dieses Kondenswasser tropft nun durch die Wattebäusche in unsere Röhrchen und füllt sie in unerwünschter Weise auf. Was können wir dagegen tun? Wir decken ganz einfach vor dem Sterilisieren 2 bis 3 Bogen Zeitungspapier über unsere Gläser und stecken die Enden des Papiers zwischen Gläser und Topfrand. Dadurch läuft das Kondenswasser an dem Papier wieder in den Topf zurück und gelangt nicht mehr in unsere Gläser.

Die erkalteten Gläser mit dem Nährboden stellen wir nun an einen staubfreien Ort (Schrank), damit die durch das Sterilisieren feucht gewordenen Wattebüschchen wieder trocknen. Sollten wir nach einigen Tagen feststellen, daß einige Röhrchen doch trübe geworden sind oder beim Schütteln einen Bodensatz zeigen, müssen wir sie als unbrauchbar ausscheiden, da wir sie zu Versuchen nicht mehr verwenden können. Die übrigen klar gebliebenen Röhrchen und Fläschchen stellen wir möglichst in ein leeres Einweckglas und bewahren sie kühl und dunkel auf.

#### **4. Der Einfluß von Hitze, Kälte, Trockenheit und Giften**

Mit unserer Nährbrühe oder dem Hefewasser wollen wir eine Reihe von Versuchen durchführen, und zwar wollen wir einmal den Einfluß von Hitze, Kälte, Trockenheit und chemischen Giften auf unsere Bakterien untersuchen. Diese Untersuchungen sind jedoch so umfangreich und vielseitig, daß nicht jeder von uns alles durchführen wird. Wir wollen deshalb Gruppen bilden, richtige „Forschungskollektive“, und die Aufgaben unter die einzelnen Kollektive verteilen. Über jede Versuchsreihe wird gewissenhaft Protokoll geführt, und zum Schluß berichten die einzelnen Kollektive über ihre Arbeit und deren Ergebnisse in einer gemeinsamen Sitzung. Sollten einzelne Beobachtungsergebnisse angezweifelt werden, steht es jedem Kollektiv frei, die Ergebnisse einer anderen Gruppe durch eigene Arbeit nachzuprüfen. Auf diese Weise bekommen wir einen Einblick in wissenschaftliche Forschungsmethoden, denn wir wollen uns ja nicht die Zeit vertreiben, sondern, wenn auch nur in bescheidenem Maßstab, wissenschaftlich arbeiten. Jedes Kollektiv sollte seine Ergebnisse in Form einer schriftlichen, stilistisch und sachlich einwandfreien Arbeit niederlegen, die dann von anderen Gruppen nachgeprüft und ebenfalls schriftlich beglaubigt, berichtigt oder ergänzt wird! Es ergeben sich also die verschiedensten Möglichkeiten. Im übrigen gilt das eben Gesagte natürlich auch für alle weiteren in diesem Heft beschriebenen Versuche.

Und nun einige technische Hinweise zur Durchführung der Versuchsreihen. Mit der rechten Hand halten wir die Spitze unserer Impfnadel in den oberen Teil der Spiritusflamme, lassen kurz ausglühen und einen Augenblick abkühlen. Dann nehmen wir eine unserer Reinkulturen (siehe Abschnitt 2) in die linke Hand und ergreifen mit dem kleinen Finger und dem Handballen der rechten Hand den Wattebausch dieser Kultur, drehen ihn vorsichtig heraus und tauchen die Spitze der Nadel in die Bakterienkultur, wobei wir uns die

Randzone aussuchen. (Den Rand verwenden wir deshalb, weil sich hier die jüngsten Bakterien befinden. Aus der Mitte, von der die Kolonie ihren Ausgang nahm, würden wir unnötigerweise alte abgestorbene Bakterienzellen mit abimpfen.) Wir ziehen die Nadel, möglichst ohne die Wand des Röhrchens zu berühren, heraus und setzen den Wattebausch wieder auf. (Wir haben ihn, um Verunreinigungen zu vermeiden, nicht auf den Tisch gelegt, sondern in der Hand behalten.) Dann stellen wir unser Kulturröhrchen wieder ins Reagenzglasgestell zurück und ergreifen, wieder mit der linken Hand, ein steriles Bouillon- oder Hefewasserröhrchen. Nun wiederholt sich derselbe Vorgang: Mit kleinem Finger und Ballen der rechten Hand ziehen wir den Bausch heraus und tauchen unsere Impfnadel in das Röhrchen, wobei wir die Keime, die sich an der Spitze befinden, an der Wand des Glases mit der Flüssigkeit verreiben und dann durch leichtes Schütteln die Bakterien in die Bouillon hineinspülen. Dann verschließen wir sofort wieder das Röhrchen und glühen die Nadel aus.

Dieser Vorgang wurde absichtlich so ausführlich beschrieben, damit wir uns gleich an die richtige Impftechnik gewöhnen. Je nach Zimmertemperatur (für *Bacterium coli* ist die günstigste Temperatur  $37^{\circ}$ , für *Bacterium prodigiosum* 25 bis  $30^{\circ}$ ) werden wir nach 2 bis 3 Tagen feststellen, daß der Inhalt unseres klaren Nährösungsröhrchens trübe wird, daß sich auf der Oberfläche ein Häutchen bildet oder sich beim Umschütteln ein Bodensatz zeigt. Dies sind sichere Anzeichen für Bakterienwachstum.

Von dieser Kultur wollen wir nun ausgehen. Aangenommen, wir wollen untersuchen, wieviel Grad Hitze unser Bakterienstamm verträgt. Dann impfen wir mit je einer Impfnadel auf die eben geschilderte Weise unsere Nährösung in sechs Röhrchen und stellen diese zusammen mit einem Thermometer in ein Wasserbad, also in einen mit Wasser gefüllten Kochbecher oder Topf. Dieses Wasserbad erwärmen wir nun vorsichtig über einer Spiritusflamme, einem elektrischen Kocher, Bunsenbrenner oder dergleichen, bis das Thermometer  $30^{\circ}$  zeigt. Jetzt drehen wir die Flamme ganz klein oder entfernen sie vorübergehend, um die Temperatur von  $30^{\circ}$  einige Zeit zu halten, damit auch der Inhalt der sechs Röhrchen diese Temperatur annimmt. Röhrchen 1 (mit Fettstift markieren!) nehmen wir nun heraus und erhitzen die übrigen fünf Röhrchen auf  $40^{\circ}$ . Nach einiger Zeit wird auch Röhrchen 2 herausgenommen, und die übrigen vier werden nun auf  $50^{\circ}$  erhitzt; dann werden die restlichen drei Röhrchen auf  $60^{\circ}$ , zwei auf  $70^{\circ}$  und das letzte auf  $80^{\circ}$  erwärmt. Nun können wir abwarten, in welchem Gläschen sich Bakterienwachstum zeigen wird. Dadurch können wir annähernd feststellen, welche Temperaturen noch ertragen werden und welche nicht mehr. Zeigt sich zum Beispiel, daß die Röhrchen bei  $50^{\circ}$  noch Wachstum zeigen, bei  $60^{\circ}$  jedoch nicht mehr, so können wir ein noch genaueres Ergebnis erzielen, indem wir einen neuen Versuch ansetzen, und zwar diesmal mit 50, 55 und  $60^{\circ}$ .

Wir können diesen Versuch auch noch fortsetzen: Zeigt sich beispielsweise die oberste Wachstumsgrenze bei  $55^{\circ}$ , so impfen wir wieder mehrere Gläser mit der Ausgangskultur und halten alle Gläser auf  $55^{\circ}$ . Nach 10 oder 15 Minuten entfernen wir das erste Röhrchen, nach abermals derselben Zeit das zweite, dann das dritte und so fort. Auch hier wird sich zeigen, daß wohl die Temperatur von  $55^{\circ}$  zunächst ertragen wurde, aber nicht lange; denn die zuletzt herausgenommenen Röhrchen zeigen kein Bakterienwachstum mehr, da die lange Einwirkungsdauer einer verhältnismäßig hohen Temperatur schließlich doch schädigend gewirkt hat.

Ähnlich führen wir auch die Versuche über die Widerstandsfähigkeit gegen Kälte durch. Wir impfen unsere frische Nährlösung in mehreren Röhrchen und lassen sie im Winter einfrieren. In regelmäßigen Abständen von einigen Tagen lassen wir die Flüssigkeit wieder auftauen und beobachten, ob und wo sich Wachstum zeigt.

Nun zum Versuch über die Resistenz (Widerstandsfähigkeit) der Bakterien gegenüber dem Austrocknen. Dazu benötigen wir zunächst einige leere, mit einem Wattebausch verschlossene Reagenzröhren und eine sterile Pipette. Wir können die leeren Röhrchen mit unsern Nährbodengläschern zusammen im Dampf sterilisieren, wir können sie aber auch über einer Flamme erhitzen (Drehen! Topflappen verwenden!). Die Pipette sterilisieren wir, indem wir zunächst mehrmals 70prozentigen Alkohol (Brennspiritus) und dann, um den Alkohol zu entfernen, mehrmals steriles Wasser durchsaugen.

In jedes der sterilen Röhrchen bringen wir nun mit der Pipette einen Tropfen unserer Ausgangskultur, verschließen es und lassen den Tropfen eintrocknen. In regelmäßigen Abständen von einigen Tagen füllen wir diese Röhrchen mit einigen Tropfen Nährlösung und beobachten, ob die eingetrockneten Bakterien wieder zum Leben erwachen werden. Vor einer Fehlerquelle müssen wir uns aber hüten: Beim Nachfüllen dürfen keine Keime aus der Luft in die Röhrchen gelangen, sonst kommen wir zu falschen Ergebnissen! Es empfiehlt sich deshalb, den Rand sowohl des leeren als des Nährbodenröhrens vor dem Eingießen in einer Flamme abzuflammen, um Keime, die möglicherweise am Rande sitzen, zu vernichten. (Vorsicht! Nicht die Nährlösung über den heißen Glasrand laufen lassen, sonst springt das Glas!)

Die Prüfung eines Desinfektionsmittels, also eines chemischen Giftes, kann wieder auf mehrfache Weise erfolgen. Wir füllen mehrere Röhrchen diesmal nur mit je  $5 \text{ cm}^3$  Nährlösung und impfen die Lösung zunächst wieder mit unserer Ausgangskultur. Dann geben wir in jedes Glas je  $5 \text{ cm}^3$  des zu untersuchenden Stoffes (Essig, Spiritus, Kochsalzlösung, Salizylsäurelösung [„Einmachehilfe“], Sepsotinktur [nur Tropfen!], Zahnpaste, Speichel, Urin, käufliche Desinfektionsmittel und anderes) und beobachten, ob Wachstum eintritt. Wir können auch eins der uns interessierenden keimtötenden (antiseptischen) Mittel genauer untersuchen, indem wir von ihm

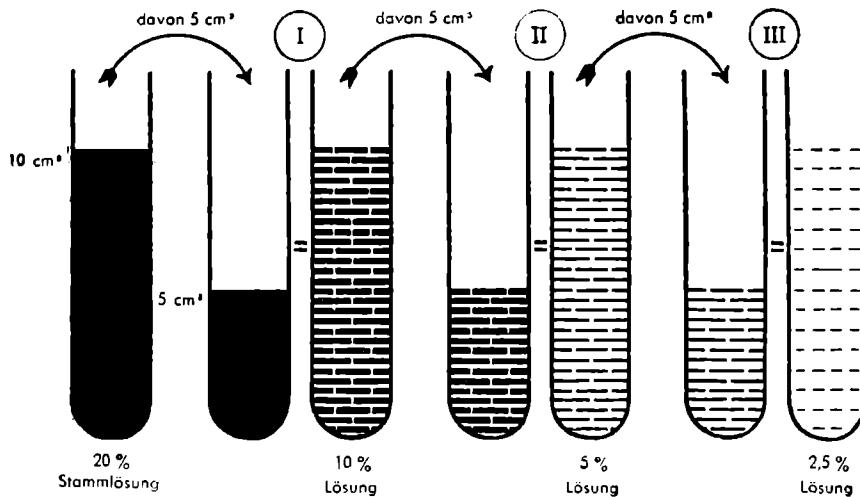


Abb. 6 Verdünnungsreihe

mehrere Verdünnungen herstellen. Angenommen, wir stellen von unserem Chloramin  $10 \text{ cm}^3$  einer 20prozentigen Lösung her, indem wir zu  $10 \text{ cm}^3$  Wasser 2 g Chloramin geben. (Das Abwiegen solcher kleiner Mengen geschieht in der Weise, daß wir auf einer Briefwaage 4 g abwiegen und dann das erhaltene Häufchen nach Augenmaß in 2 Teile teilen.) Nun füllen wir 6 Reagenzgläser mit je  $5 \text{ cm}^3$  Nährlösung und numerieren sie mit den Ziffern 1 bis 6. Von unserer 20prozentigen Stammlösung gießen wir die Hälfte ( $5 \text{ cm}^3$ ) in das erste Gläschen mit der Nährlösung, die damit auf  $10 \text{ cm}^3$  aufgefüllt wird und einen Chloramingehalt von 10 Prozent hat. Mit dem Daumen halten wir das Gläschen zu, schütteln gut um und gießen die Hälfte dieses ersten Röhrchens (also wieder  $5 \text{ cm}^3$ ) in das Röhrchen 2. Hier ergibt sich nun ein Chloramingehalt von 5 Prozent. Nachdem wir umgeschüttelt haben, gießen wir wieder  $5 \text{ cm}^3$  aus Röhrchen 2 in das Röhrchen 3 und so fort. Wir erhalten somit eine ansteigende Verdünnungsreihe:

$$10; 5; 2,5; 1,25; 0,625; 0,3125 \text{ Prozent (Abb. 6).}$$

Bei einem Nachdenken wird es uns auch gelingen, andere Verdünnungsreihen herzustellen. Bei einer Stammlösung von beispielsweise 32 Prozent ergeben sich

$$16; 8; 4; 2; 1; 0,5; 0,25 \text{ Prozent.}$$

In jedem Röhrchen haben wir also  $5 \text{ cm}^3$  Flüssigkeit verschiedener Verdünnung.

Uns wird vielleicht auffallen, daß bei diesem Versuch auch die Nährösung verdünnt wurde. An und für sich schadet das nichts. Wir können aber auch die Nährösung doppelt so stark herstellen (siehe Abschnitt 6). Eins dürfen wir jedoch nicht vergessen, nämlich den Inhalt der Röhrchen mit je einer Öse Bakterien zu impfen und sie dann mit Watte zu verschließen. Wir können auf diese Weise beobachten, bis zu welcher Verdünnung unser Mittel noch wirksam ist, wobei natürlich die Einwirkungsdauer auch eine Rolle spielt. Übersehen wir alle diese Versuche, so müssen wir feststellen, daß sich für uns eine Fülle von Untersuchungsmaterial ergibt, denn wir haben die Möglichkeit, durch eigene Abänderung der Versuche neue Versuchsbedingungen zu schaffen. Wir wollen ja selbst forschen, Fragen stellen, selbständig denken und handeln! Vielleicht wird es manchmal nicht ganz leicht fallen, Reihenuntersuchungen durchzuführen, die sich über mehrere Stunden, Tage oder gar Wochen erstrecken oder die die Einhaltung bestimmter Temperaturen für längere Zeit verlangen. Aber vielleicht bekommt ihr dadurch eine kleine Vorstellung davon, wie schwer es ist, wirkliche Forschungsarbeit zu leisten. Und wir werden Achtung vor der stillen und ausdauernden Arbeit unserer Gelehrten und Wissenschaftler haben, die oft eine Lebensarbeit bedeutet, und werden später mithelfen, alles daranzusetzen, daß diese Arbeit und ihre Ergebnisse unserem Volke nutzbar gemacht werden, daß sie in den Dienst des Aufbaus, der Erreichung eines höheren Lebensstandards und der Verbesserung der Lebensverhältnisse gestellt und nicht zur Vernichtung ausgenutzt werden!

## 5. Die Stubenfliege als Keimüberträgerin

Vielleicht erinnern wir uns daran, daß im Sommer 1945, als sich die Nachwirkungen des Krieges noch stark bemerkbar machten, überall Plakate angeklebt waren, die vor einer gefährlichen, ansteckenden Krankheit warnen, dem Typhus. Auf diesen eindrucksvollen Bildern wurde besonders vor unserer Stubenfliege gewarnt; sie ist nämlich in den meisten Fällen die Überträgerin dieser Infektionskrankheit. Wir wollen uns durch einen Versuch überzeugen, daß die Fliege tatsächlich imstande ist, Bakterien und damit Krankheiten

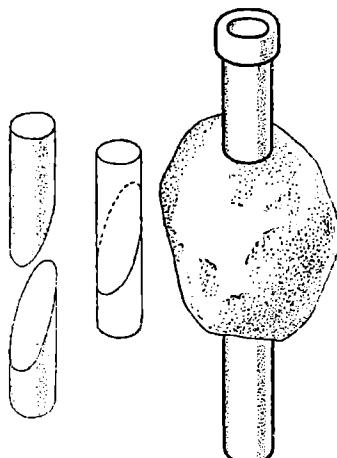
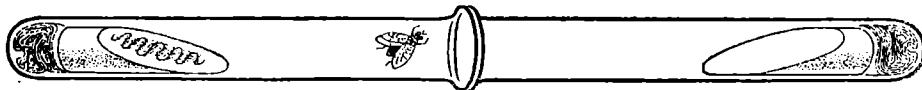


Abb. 7  
Herstellung von Kartoffelkeilen



Kultur *Bacterium prodigiosum*

steriler Kartoffelkeil

Abb. 8 Fliege als Keimüberträger

zu übertragen. Allerdings werden wir zu diesem Versuch nicht gerade Typhusbakterien verwenden.

Zunächst müssen wir eine größere rohe Kartoffel mit einer Bürste sauber waschen und dann schälen. Mit einem Korkbohrer oder einem Blechröhrchen stechen wir aus dieser Kartoffel Zylinder aus, die wir diagonal durchschneiden, so daß wir aus jedem Zylinder zwei Keile bekommen (Abb. 7). (Wenn wir kein geeignetes Instrument zum Bohren haben, wenden wir uns an den Chemielehrer; er kann uns sicherlich mit einem Korkbohrer aushelfen oder uns zeigen, wie wir uns welche anfertigen. Der Chemiker benutzt einen Satz von 6 bis 8 Metallröhren verschiedener Durchmesser, an einem Ende geschärft, am anderen mit einem Griff versehen, um Löcher in Korke zu bohren, damit Gläsröhrchen hindurchgesteckt werden können.) In zwei Reagenzgläser geben wir zunächst eine etwa 1 cm hohe Schicht Watte, die wir gut mit Wasser anfeuchten. Auf diese Watteschicht setzen wir je einen Keil, mit der Breitseite nach unten. Dann verschließen wir die Gläser mit einem Wattebausch und sterilisieren recht gründlich, möglichst an zwei aufeinanderfolgenden Tagen je eine Stunde. Die schräge Fläche eines Kartoffelkeils beimpfen wir nun mit unserer Reinkultur von *Bacterium prodigiosum*. Wir machen es ebenso wie in Abschnitt 4, nur streichen wir die mit Bakterien beladene Spitze auf der schrägen Fläche des Kartoffelstückchens aus und beobachten das rasche Wachstum dieses Farbstoffbildners.

Nach diesen Vorarbeiten gehen wir nun an die Durchführung unseres Versuches. Zunächst fangen wir eine Stubenfliege, entfernen den Wattebauschverschluß von unserer Kartoffelkultur und sperren die lebende Fliege in das Reagenzglas ein, wobei wir die Öffnung mit dem Daumen zuhalten. Die in dem Glase umherkriechende Fliege wird bald mit der Bakterienmasse in Berührung kommen und sich „infizieren“. Nun öffnen wir das andere Kartoffelkeil-Gläschen und halten beide Gläser waagerecht mit der Öffnung zusammen (Abb. 8). Die Fliege wird auch in das sterile Gläser kriechen und hier den Kartoffelkeil berühren. Nach Entfernung der Fliege verschließen wir das Röhrchen und beobachten nach wenigen Tagen das Wachstum der roten *Prodigiosum*-Kolonien.

## **6. Robert Koch, der Begründer der modernen Bakteriologie**

Wir haben bereits zwei Arten von Nährböden kennengelernt, flüssige (Bouillon) und feste (Kartoffeln). Das waren auch die Nährböden, mit denen der große Arzt und Bakteriologe Robert Koch vor ungefähr siebzig Jahren zunächst arbeitete. Jede der beiden Nährbodenarten hat ihre Vorteile, aber auch ihre Nachteile. Robert Koch sann nun darüber nach, wie er die Vorteile des festen mit denen des flüssigen Nährbodens vereinigen könnte. Er kam dabei zu einer höchst einfachen, aber genialen Lösung.

Er setzte der Nährbouillon Gelatine zu und erhitzte diese Mischung. Beim Abkühlen erhielt er einen geradezu idealen, gallertartigen Nährboden. Er war leicht keimfrei herzustellen, vollkommen durchsichtig und ließ sich noch mit den verschiedensten Ergänzungsstoffen (Blut, Serum, Glyzerin, Zucker) vermischen, so daß auch diejenigen Bakterien darauf wachsen konnten, die andere Lebensbedingungen haben und die nur im menschlichen oder tierischen Körper leben. Für ihr Wachstum brauchen diese Bakterien allerdings eine Temperatur von 37°. Gelatine wird aber bereits bei Körpertemperatur wieder flüssig. Hierdurch ergab sich eine neue Schwierigkeit. Da erhielt die Frau eines der Mitarbeiter von Robert Koch von ihren Verwandten aus Batavia zum Einkochen von Früchten einen gelatineähnlichen Stoff geschickt, der aus einer Meeresalge gewonnen wird und Agar heißt. Dieser Agar wird bei Temperaturen knapp unter 100° flüssig und erstarrt erst wieder bei Abkühlung auf 48 bis 50°. Robert Koch erkannte sofort den Vorteil dieses Naturproduktes und verwendete es ebenfalls zur Herstellung von Nährböden. Und wir müssen feststellen, daß wir bis auf den heutigen Tag noch nichts Besseres zur Herstellung von bakteriologischen Nährböden kennen als Agar und Gelatine!

Am einfachsten lassen sich Gelatinenährböden herstellen. Wir geben zu 300 cm<sup>3</sup> unserer Bouillon oder unseres Hefewassers (siehe Abschnitt 3) 30 bis 40 g in Streifen geschnittene Gelatine und erwärmen in einem Wasserbade, bis die Gelatine geschmolzen ist. Dann kochen wir die gelatinehaltige Nährlösung noch etwa 10 Minuten und füllen sie dann in unsere Reagenzgläser ab. Zu diesem Zweck stellen wir in ein Reagenzglasgestell saubere Reagenzgläser. In dem ersten Glas, das wir stets als Meßglas verwenden wollen, haben wir 10 cm<sup>3</sup> Wasser abgemessen und den Wasserstand mit Fettstift markiert. Bis zu dieser Marke wollen wir alle Gläser gleichmäßig füllen. Jetzt brauchen wir noch einen kleinen Trichter von etwa 35 mm Durchmesser, den wir in das erste der zu füllenden Gläser stecken. In den Trichter legen wir eine Flocke auseinandergezupfte Watte, diesmal jedoch Verbandwatte, als Filter. Wir wollen die Gelatine nämlich auch filtrieren, und dazu eignet sich unser Filterpapier nicht; denn das Filtrieren würde zu lange dauern und die Gelatine inzwischen festwerden.

Nun gießen wir vorsichtig jedes Glas bis zu dem am Meßglas angezeichneten Markierungsstrich voll Nährgelatine, heben den Trichter vorsichtig heraus, ohne mit der Spitze die Wand des Reagenzglases zu berühren, und setzen ihn auf das nächste Glas, um auch dieses zu füllen. Wenn wir nämlich mit der Trichteröffnung an die Wand des Reagenzglases streifen, wird uns hier später der Wattebausch festkleben. Um dieses Berühren zu vermeiden, wenden wir als Praktiker einen kleinen Kniff an: Nahe dem Ende des Trichterswickeln wir aus Isolierband oder Leukoplast eine Walze, die so dick ist, daß sie noch bequem in das Reagenzglas hineinpaßt und eine sichere Führung des Trichters ermöglicht (Abb. 9).

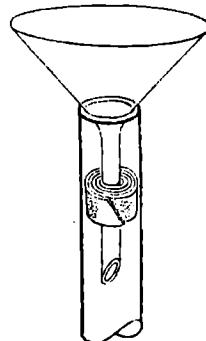


Abb. 9 Einfülltrichter

Wir füllen nicht alle Gläser mit  $10 \text{ cm}^3$  Nährboden, sondern nur etwa die Hälfte von ihnen, den Rest füllen wir mit nur  $5 \text{ cm}^3$ . (Ebenfalls vorher am Meßglas abmessen und anzeigen!) Haben wir nicht genügend Reagenzgläser, so verteilen wir den Rest des Nährbodens auf Fläschchen von 50 bis höchstens  $100 \text{ cm}^3$  Inhalt. Es ist ratsamer, mehrere kleine Vorratsfläschchen zu füllen als eine große, denn wir müssen immerhin mit einem etwaigen Verlust durch Keime aus der Luft rechnen. Sämtliche Gefäße verschließen wir wieder durch Zellstoffpropfen.

Ähnlich ist auch die Herstellung von Agar nährboden. Für  $300 \text{ cm}^3$  Nährlösung benötigen wir jedoch nur 4 bis 5 g Agar. Agar ist nun schwerer löslich als Gelatine, deshalb geben wir den kleingeschnittenen Agar schon einen Tag vorher in die Nährlösung und lassen ihn zunächst 24 Stunden quellen. Dann kochen wir die Lösung ebenfalls 10 bis 15 Minuten im Wasserbade und dann, bis zur vollständigen Auflösung des Agars, über der freien Flamme. (Bei Verwendung von Glasgefäßen Asbestunterlage nicht vergessen! Vorsicht, nicht überkochen lassen!) Die weitere Behandlung (Filtrieren, Abfüllen) geschieht wie bei den Gelatinenährböden. Die gefüllten Gläser werden auch wieder sterilisiert. Um Verluste zu vermeiden, kochen wir ungefähr eine Stunde lang. Wer ganz sicher gehen will, kocht am anderen Tage nochmals eine halbe Stunde. Die noch heißen, mit  $10 \text{ cm}^3$  Nährboden gefüllten Gläser stellen wir zum Abkühlen beiseite; die Gläser mit nur  $5 \text{ cm}^3$  Füllung legen wir so auf den Tisch, daß der Wattebausch etwas erhöht liegt, vielleicht auf einem Holzbrettchen, und lassen den Inhalt schräg erstarrten (Abb. 10). Diese „Schrägagarröhren“ brauchen wir, um Bakterienreinkulturen anzulegen. Mittels eines Farbstiftes oder eines Zettels ver-

sehen wir die Röhrchen fortlaufend mit einer Nummer und tragen sie in ein Heft ein, wobei wir gleichzeitig die Art des Nährbodens und das Herstellungsdatum notieren. Nun bewahren wir diese Nährböden möglichst kühl, dunkel und staubsicher auf, am besten in gut schließenden Gefäßen; denn wenn wir sie lange stehenlassen, verdunstet die Flüssigkeit, und der Agar oder die Gelatine wird zu fest. Also nicht mehr Nährböden herstellen, als wir in der nächsten Zeit zu verarbeiten gedenken!

Übrigens lassen sich gebrauchte Agarnährböden wieder verwenden. Bei Gelatine ist das nicht möglich.

Da Agar zur Zeit ein ziemlich teurer Rohstoff ist, wollen wir die gebrauchten Nährböden aus Gläsern und Petrischalen wieder sammeln, und zwar am besten in einem Einweckglas. Dieses Glas füllen wir mit 3prozentiger Chloraminlösung und geben die gebrauchten Nährböden hinein. Wenn sich eine genügende Menge Agar angesammelt hat, gießen wir die Chloraminlösung ab und zerkleinern die Agarstückchen mit einem Glasstab. Dann binden wir das Gefäß mit Verbandmull oder feinmaschiger Drahtgaze zu, durch die ein an die Wasserleitung angeschlossener Schlauch (Glasrohr) bis auf den Boden des Glases reicht. Unter schwachem Wasserzufluß lassen wir drei Tage waschen. (Wo kein Wasseranschluß ist, muß man das Glas mit Wasser füllen und nach einiger Zeit abgießen und frisch zugießen. Dieses Verfahren muß jedoch recht oft wiederholt werden, damit keine Chloraminreste zurückbleiben. Oft umrühren!) Den gewaschenen Agar bringen wir dann in Säckchen aus vierfach gelegtem Mull, wiegen die Säckchen und hängen sie so lange frei im Raume in der Nähe des Ofens oder in der Sonne auf, bis das Gewicht um 25 bis 30 Prozent abgenommen hat. Wenn wir den Agar nun wieder verwenden wollen, geben wir zu 3 Teilen des zurückgewonnenen Agars 1 Teil einer Nährösung, die jedoch 4mal so stark sein muß wie üblich! Dann lösen wir den Agar, erst im Wasserbad, dann über freier Flamme, filtrieren und sterilisieren wie üblich (siehe Abschnitt 3).

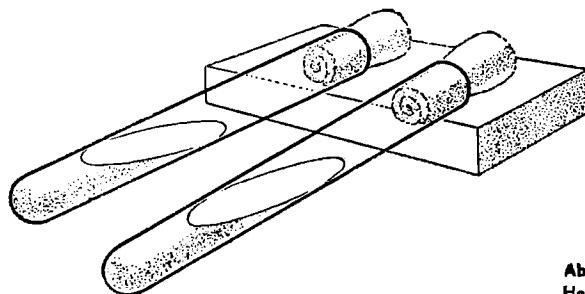


Abb. 10  
Herstellung von Schrägaugarröhrchen

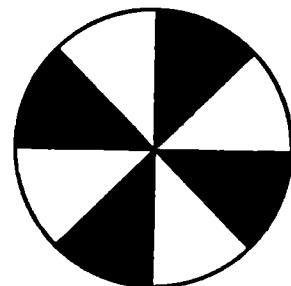


Abb. 11 Zählscheibe

## 7. Bakteriologische Untersuchung der Luft

Wir haben bereits festgestellt, daß die Stubenfliege Keime übertragen kann. Überall, wo Unrat vorhanden ist, wo tote Tiere und abgestorbene Pflanzen faulen und modern, wo etwas schimmelt und gärt, sind Kleinlebewesen am Werke, wachsen und vermehren sich. Trocknet nun ihre Umgebung aus, finden sie also keine Lebensbedingungen mehr, so bilden die meisten von ihnen Dauerformen aus, die Kälte und Trockenheit ohne jede Schädigung überstehen. Jeder Lufthauch kann diese Mikroorganismen verwehen, in alle Himmelsrichtungen zerstreuen. So ist es denn kein Wunder, daß diese Keime gewissermaßen allgegenwärtig sind und wir Mühe haben, uns ihrer zu erwehren. Es ist interessant, den Keimgehalt der Luft einmal festzustellen. Die Ausführung dieses Versuches ist recht einfach. Wir brauchen nur unsern Agar- oder Gelatinenährboden zu verflüssigen und in eine sterile Petrischale zu gießen, ihn dann wieder erstarrten zu lassen und die Schale schließlich eine Zeitlang offen hinzustellen. Die Länge der Zeit, während der wir die Schale geöffnet lassen, richtet sich nach dem zu erwartenden Keimgehalt. Im Zimmer rechnet man durchschnittlich mit 10 Minuten, in einer benutzten Turnhalle dagegen werden wir mit einer wesentlich kürzeren Zeit auskommen. Dann decken wir unsere Schale wieder zu und lassen sie einige Tage bei Zimmertemperatur stehen. Die aus der Luft auf den Nährboden gefallenen Keime sind zunächst unsichtbar, wachsen aber bald zu stecknadelkopf- bis linsengroßen Kolonien heran, die aus Millionen Bakterien bestehen und nun dem bloßen Auge sichtbar sind.

Wir können diese Keime auszählen und erhalten eine ungefähre Vorstellung von dem Gehalt der Luft an Mikroorganismen. Da das Auszählen einer großen Platte mit reichlichem Keimgehalt einige Schwierigkeiten macht, stellen wir uns eine Zählscheibe her (Abb. 11). Diese in einzelne gleiche Sektoren geteilte Papierscheibe legen wir unter die Petrischale. Wir brauchen jetzt höchstens zwei oder drei Sektoren auszuzählen, um durch entsprechende Multiplikation die Keimzahl der gesamten Platte zu ermitteln. Wir haben so die Möglichkeit, ganze Versuchsreihen aufzustellen. Die Luft unserer Wohnung, unseres Pionieraumes, unserer Klasse, unserer Turnhalle, die Luft der Straße, des Gartens, des Waldes, die Luft in der Nähe des Bürgersteiges,

im ersten, zweiten, dritten und vierten Stockwerk, all das können wir untersuchen. Wir können den Einfluß des Staubwischens und des feuchten Aufwischens, den Unterschied zwischen bewohnten und unbewohnten Räumen feststellen. Auch innerhalb einer Untersuchungsreihe können wir zeitlich verschiedene Beobachtungen anstellen. So wird der Keimgehalt einer Straße früh um 6 Uhr ein anderer sein als um 12 oder um 20 Uhr. Wichtig ist jedoch, daß wir die Ergebnisse unserer Untersuchungen aufschreiben, also Protokoll führen und somit die Möglichkeit haben, unsere Versuche einmal auswerten zu können.

Allerdings müssen wir uns darüber klar sein, daß unsere Untersuchungen keine absoluten Zahlenwerte über den Keimgehalt der Luft ergeben. Wir können also nicht sagen: In 1 cm<sup>3</sup> Luft sind soundsoviele Keime vorhanden. Wir müßten aber keine jungen Naturforscher sein, wenn uns nicht auch die absolute Feststellung des Keimgehaltes gelingen sollte! Einfach und zweckmäßig ist folgende Methode:

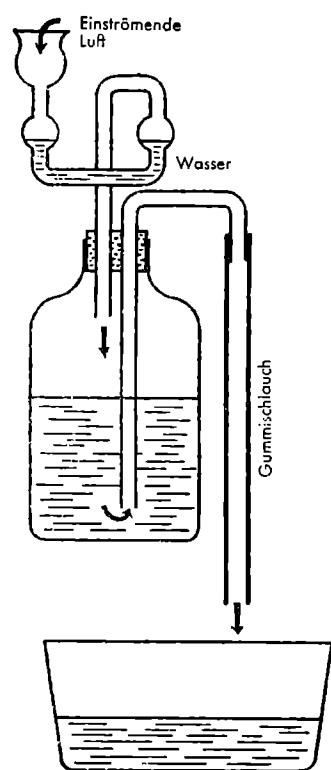


Abb. 12 Luftuntersuchung

Wir füllen eine 2- bis 3-Liter-Flasche mit Leitungswasser und verschließen sie mit einem doppelt durchbohrten Kork. Durch dessen eine Öffnung wird ein zweimal rechtwinklig gebogenes Rohr geführt, dessen Außenschinkel wir mit einem Stückchen Gummischlauch verlängern (Abb. 12). In die andere Öffnung des Korkes stecken wir ein mit ein wenig steriles Wasser gefülltes gebogenes Röhrchen (Gärverschluß). Wenn wir nun die Flasche auf den Tisch stellen und an dem Gummischlauch saugen, wird das Wasser nach dem Heberprinzip aus der Flasche ausströmen (Eimer untersetzen!). Die in die Flasche nachdringende Luft wird ihre Keime in dem Wasser des gebogenen Röhrchens absetzen. Dieses Wasser gießen wir nun in eine leere sterile Petrischale, fügen verflüssigte Nährgelatine hinzu, vermischen durch Hin- und Herneigen der wieder zugedeckten Schale die beiden Flüssigkeiten und lassen sie erstarren. Auch hier bestimmen wir den Keimgehalt wieder durch Auszählen. Wir können die einströmende, zu untersuchende Luft auch direkt in verflüssigte Nährgelatine einleiten. Mehr soll hier nicht verraten werden. Erfinder und Forscher müssen selbst neue Mittel und Wege finden!

Beim Betrachten der Bakterienkolonien auf unseren Agar- oder Gelatine-nährböden (Luftplatten) wird bestimmt die Frage auftauchen: Welche Bakterien sind das? Wie heißen sie? Wir sehen Kolonien in den verschiedensten Farben und mit den unterschiedlichsten Formen. Jetzt müßte man ein Buch mit bunten Abbildungen haben, um sie zu bestimmen! Leider gibt es ein solches Buch nicht und wird es auch nicht geben. Wenn es auch Kolonien gibt, die der Fachbakteriologe sofort an ihrem charakteristischen Aussehen erkennen kann, so gibt es doch noch viel mehr Kolonien, die sich äußerlich gar nicht voneinander unterscheiden. Abbildungen würden uns also gar nichts nützen. Diese Bakterien kann man nur durch langwierige Untersuchungen erkennen und unterscheiden. Man muß sie auf ihr Verhalten auf verschiedenen Nährböden prüfen, auf ihr Vermögen, bestimmte Farbstoffe anzunehmen, auf ihre chemischen Leistungen, ihr Gärvermögen, ihre Sporenbildung, ihre serologischen Eigenschaften und vieles andere.

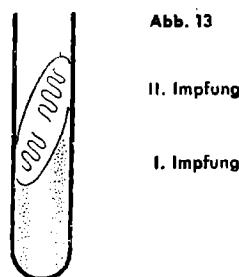


Abb. 13

II. Impfung

I. Impfung

## 8. Wir stellen eine Reinkultur her

In Abschnitt 4 haben wir Versuche mit im Handel erhältlichen sogenannten Reinkulturen angestellt. Solche Reinkulturen können wir uns auch selbst herstellen. Wir wählen dazu eine Kolonie unserer Luftplatten aus, die uns besonders interessiert, wobei wir beachten müssen, daß diese Kolonie auch wirklich isoliert im Nährboden liegt. Mit der wie immer zuvor ausgeglühten und wieder erkaltenen Impfnadel entnehmen wir eine Spur Material vom Rande der Kolonie. Ähnlich wie in Abschnitt 4 übertragen wir das Impfmaterial in ein schräggefülltes Agar- oder Gelatineröhrchen. Zweckmäßig beimpfen wir nicht die ganze Oberfläche, sondern nur die untere Hälfte des Nährbodens, indem wir die Nadel in Schlangenlinien leicht darauf abstreichen, möglichst ohne die Oberfläche zu verletzen. Alle zwei bis drei Monate müssen wir nämlich unsere Reinkulturen neu auf Schräggagar übertragen, um sie vor dem Absterben zu bewahren. Dazu können wir dasselbe Röhrchen noch einmal verwenden, indem wir von dem Material der unteren Hälfte jetzt auf die obere Hälfte des Nährbodens übertragen (Abb. 13).

Es ist praktisch, wenn wir von jeder uns interessierenden Art zwei Reinkulturen anlegen. Das erste Reagenzglas enthält die eigentliche Sammlungsreinkultur, während im zweiten Glas die Arbeitsreinkultur ist. Dieser entnehmen wir das Material zu Versuchen. Bei einer etwaigen Verunreinigung der Arbeitskultur bleibt uns noch die Sammlungsreinkultur zur Weiterimpfung. Die Reinkulturen bewahren wir in einem dunklen Schrank auf, und zwar stehend in einer Pappschachtel oder in einem entsprechenden Glasgefäß mit Deckel. Wir müssen nämlich nach Möglichkeit die Verdunstung verhindern, dann können wir unsere Nährböden lange Zeit hindurch aufbewahren. Sollten trotz größter Vorsicht doch einmal beide Reinkulturen Verunreinigungen zeigen (meist durch Schimmelpilze), so gießen wir eine Platte, wie sie in Abschnitt 10 beschrieben wird, und stellen eine neue Reinkultur her.

## **9. Ein unsauberer Geldschein ist ein Bazillenträger**

Ja, er sieht wirklich recht unappetitlich aus, unser Fünfzigpfennigschein! Niemand will ihn mehr annehmen, jeder ektelt sich vor ihm. Wahrscheinlich werden wir mit ihm auch eine Menge von Bakterien umherschleppen, denn wo viel Schmutz ist, da sind auch Bakterien. Das wollen wir nun einmal feststellen.

Von einer mit Nähragar gefüllten Petrischale (siehe Seite 17) heben wir den Deckel, legen unseren Schein mit seiner einen Hälfte auf den Nährboden und drücken ihn mit den Fingern ganz leicht an, ohne die Oberfläche des Nährbodens dabei zu zerdrücken. Dann nehmen wir den Geldschein ab und legen den Deckel wieder auf. Nach zwei Tagen werden wir nun eine ganze Anzahl von Kolonien auf unserem Agar finden; ihre Zählung ergibt die Anzahl der übertragenen Keime.

Ob denn auch ein sauberer Schein bereits Keime enthalten kann? Er sieht zwar noch so neu und ungebraucht aus, aber bekanntlich frügt manchmal der „Schein“! Nun, wir können uns ja jederzeit Klarheit über diese Frage durch einen Versuch verschaffen. Auf alle Fälle werden wir zur Überzeugung kommen, daß es zumindest recht unappetitlich ist, wenn jemand beim Zählen von Papiergegeld den Finger mit dem Munde anfeuchtet. Überhaupt sollte man sich nach jedem Umgang mit Geld die Hände waschen.

Wie steht es nun mit dem Hartgeld? Haften an den Münzen auch Keime? Nichts einfacher für uns, als das durch einen Versuch festzustellen. Wir legen eben an Stelle eines Scheines ein Geldstück auf unseren Nährboden und heben es dann vorsichtig mit einer Pinzette ab. Dabei werden wir fest-

stellen, daß auf Münzen und überhaupt auf Metallgegenständen verhältnismäßig wenig Keime zu finden sind, da Metall gewisse bakterientötende, zumindest -hemmende Eigenschaften besitzt (siehe Abschnitt 10).

Weiter lohnt es sich, einmal eine Briefmarke, die Verschlußklappe eines Briefumschlages und vielleicht auch eine Ecke eines vielgelesenen Bandes aus der Schulbücherei auf den Keimgehalt zu untersuchen. Wir werden oft zu überraschenden Ergebnissen kommen und daraus lernen, mit den entliehenen Büchern sorgsam umzugehen und sie sauberzuhalten. Wenn ihr einen Schulkameraden kennt, der die Angewohnheit hat, ein Buch mit angelecktem Finger umzublättern, dann ladet ihn ruhig mal in eure Arbeitsgemeinschaft ein und zeigt ihm eure Versuchel

## 10. Metalle wirken wachstumshemmend auf Bakterien

Den Versuch mit der Geldmünze im vorigen Abschnitt können wir auch folgendermaßen abändern. Eine Kupfermünze (es muß also ein altes Ein- oder Zweipfennigstück sein) wird mit Seife und Bürste gereinigt, fünf Minuten in kochendem Wasser entkeimt und mit einer sterilen Pinzette in die Mitte einer ebenfalls keimfrei gemachten Petrischale gelegt. Dann wird die Schale wieder zudeckt. Wir verflüssigen nun den Inhalt eines Agarröhrchens, indem wir es in einen Topf oder Kochbecher mit Wasser stellen und das Wasser zum Kochen bringen. Nachdem wir uns überzeugt haben, daß der gesamte Agar geschmolzen ist, lassen wir das Röhrchen einige Zeitlang abkühlen. Mit unserer sterilen Impfnadel entnehmen wir eine winzige, kaum sichtbare Menge Material aus unserer Coli-Reinkultur. (Glas waagerecht halten, Wattebausch nicht auf den Tisch legen, Röhrchen nach Entnahme sofort wieder verschließen und wegstellen!) Diese Colibakterien übertragen wir in unser Röhrchen mit dem verflüssigten Agar. Wir öffnen das etwas schräg gehaltene Röhrchen vorsichtig und verreiben die Colibakterien der Nadelspitze an der Glaswand mit dem verflüssigten Agar. Durch Umschütteln verteilen wir die Keime im Agar und gießen ihn in die Petrischale mit der Münze, wobei wir den Deckel nur so weit heben, daß das Röhrchen eingeführt werden kann. Es wird uns klar sein, weshalb wir den Agar etwas abkühlen lassen mußten; denn bringen wir die Bakterien gleich in den heißen Agar, besteht die Gefahr, daß sie abgetötet oder mindestens im Wachstum geschädigt werden.

Nach einigen Tagen beobachten wir, wie sich die klare Agarplatte durch die eingeimpften und jetzt heranwachsenden Bakterien trübt. Nur oberhalb der Münze ist ein wachstumsfreier Hof zu erkennen. Wie ist das zu erklären?

**Metallsalze sind selbst in sehr großer Verdünnung noch schädlich für Mikroorganismen.** Beim Kupfer zum Beispiel wirkt noch 1 Teil Kupfer in 10 Millionen Teilen Wasser tödlich auf Bakterien! Man bezeichnet diese Erscheinung als Oligodynamie und macht oft bei der Entkeimung von Trinkwasser davon Gebrauch. Diesen Versuch können wir noch beliebig erweitern und verändern. So können wir beispielsweise auch Silbermünzen, Gold (Trauringe) und andere Metalle auf ihre oligodynamische Wirkung untersuchen, auch können wir an Stelle von Bakterien einmal Hefe verwenden.

## **11. Auch auf unserer Haut sitzen Bakterien**

Auch auf unserer Haut sitzt eine große Anzahl von Keimen. Oft wird uns deren Feststellung schon gelingen, wenn wir unseren Finger mehrmals leicht auf eine sterile Agar- oder Gelatineplatte aufsetzen. Besser ist es jedoch, wenn wir in unserem eben in eine Petrischale ausgegossenen und daher noch flüssigen Agar- oder Gelatinenährboden Daumen und Zeigefinger gegeneinander reiben. Wir werden dann wesentlich mehr Kolonien entstehen sehen, da die Bakterien nicht nur auf der Haut, sondern auch in ihren Poren und Rillen sitzen und durch das Reiben der Finger gewissermaßen herausmassiert werden. Dasselbe geschieht, wenn wir unsere Hände mit Seife und Wasser waschen und sie dann am Handtuch gründlich abtrocknen. Die Bakterien gelangen dann ins Handtuch. Hier können wir sie wiederum nachweisen. Zu diesem Zwecke feuchten wir ein Stück des Handtuches mit etwas sterilem (abgekochtem) Wasser an und drücken daraus einige Tropfen auf eine Agar- oder Gelatineplatte. Mit der Impfnadel verteilen wir diese Tropfen über die Oberfläche des Nährbodens und warten ab.

Wir können diese Versuche auch dahingehend ändern, daß wir uns die Hände vor dem Versuch mit einer Desinfektionslösung, Spiritus oder Benzin waschen. Auch der Raum unter den Fingernägeln kann Gegenstand unserer Untersuchungen werden. Selbst wenn man nicht gerade „Hoftrauer“ hat, sondern einwandfreie, kurz geschnittene Nägel, wie sie eigentlich für einen zünftigen Bakteriologen selbstverständlich sein sollten, wird man doch noch Bakterien auffinden. Mit einem zugespitzten Streichhölzchen kratzen wir zu diesem Zwecke etwas Material unter dem Nagel hervor und übertragen es in noch flüssigen Nährboden. In jedem Fall werden wir uns von der Richtigkeit der alten Regel überzeugen: Nach dem Stuhlgang, vor dem Essen, Händewaschen nicht vergessen! Auch einige Kopfhaare, die ja ausgezeichnete Staubfänger sind, untersuchen wir, schneiden uns einige ab und bringen sie in verflüssigten Agar. Auf diese Weise können wir noch an vielen Dingen des täglichen Lebens den Keimgehalt ermitteln.

Diese Untersuchungen lehren uns vieles. Wir werden verstehen, warum man sich nach einem Krankenbesuch die Hände wäscht oder warum es Mutter nicht gerne sieht, wenn die Tante unser Brüderchen oder Schwesternchen küßt. Wir wollen über alle diese Dinge selbständig nachdenken und verantwortungsbewußt danach handeln. Auf der anderen Seite wollen wir aber auch nicht in „Bazillenfurcht“ verfallen, denn unser Körper ist, wenn er gesund ist und wir ihn verständig abhärten, sehr wohl in der Lage, sich gegen Bakterien, die ihn bedrohen, selbst zu schützen!

## **12. Sonnenlicht ist ein Feind der Bakterien**

Im Zusammenhang mit dem Bakterienreichtum unserer Haut ist folgender Versuch sehr aufschlußreich: Wir stellen eine verdünnte Colibakterien-Aufschwemmung her, ähnlich wie in Abschnitt 10. Vorteilhaft verwenden wir eine große Petrischale aus dünnem, weißem Glas. Die eine Hälfte der unteren Schale kleben wir außen am Boden mit lichtundurchlässigem schwarzen Papier, legen die Schale mit der beklebten Seite nach oben einige Stunden in die pralle Sonne, entfernen dann das Papier und lassen die Bakterien wie üblich sich entwickeln. Wir werden deutlich den hemmenden Einfluß des Sonnenlichtes feststellen können. Wir werden verstehen, weshalb wir unsere Kulturen stets im Dunkeln aufbewahren sollen. Uns wird auch klar werden, daß Licht und Luft Heilfaktoren sind, daß wir unsern Körper recht oft der Sonne aussetzen sollen und daß unsere Wohnung möglichst sonnig sein soll. Statt des beklebten halbkreisförmigen Ausschnittes können wir auch aus dem lichtundurchlässigen Papier die Buchstaben C O L I ausschneiden und unter die Schale kleben. Das macht vielleicht einen noch größeren Eindruck.

## **13. Bakterien — Schimmelpilze — Hefen**

Beim Betrachten unserer Kulturplatten (Abschnitt 7 und 9) ist uns bereits das recht unterschiedliche Aussehen der entstandenen Kolonien aufgefallen. Außer Bakterien wachsen nämlich auch Schimmelpilze und Hefen auf unsrer Nährböden. Während es uns nicht mit Sicherheit gelingt, Hefen und Bakterien voneinander zu unterscheiden, sind Schimmelpilzkolonien sofort an ihrem Fadengeflecht zu erkennen, vor allem bei schwacher Vergrößerung unter dem Mikroskop. Sie wachsen meist sehr schnell, sind nicht kompakt,

sondern haben ein samartiges Aussehen. Besonders auf Luftplatten sind Schimmelpilze recht zahlreich zu finden, und da sie in der Regel schneller wachsen als Bakterien, stören sie unsere Untersuchungsergebnisse oft dadurch, daß sie die ganze Platte überziehen. Wir müssen sie daher bald nach ihrem Auftreten unschädlich machen: Mit dem Korkbohrer oder einem Heftlocher stanzen wir runde Scheiben aus Filtrierpapier und tränken sie mit einer 10prozentigen Lösung von Salizylsäure in Alkohol (Salizylspiritus). Diese Scheibchen legen wir sofort auf jede entstehende Schimmelpilzkolonie, die daraufhin abstirbt. Überhaupt wollen wir möglichst wenig mit Schimmelpilzen arbeiten, da sich die in ungeheurer Zahl entstehenden Pilzsporen trotz größter Vorsicht in der Luft verbreiten und uns dann stören.

Nun wollen wir uns auch einmal etwas mit der Systematik beschäftigen. Man teilt das Pflanzenreich in 5 Gruppen ein:

- I. Spaltpflanzen
- II. Lagerpflanzen
- III. Moospflanzen
- IV. Farnpflanzen
- V. Samenpflanzen.

Da unsere Bakterien sich durch Spaltung vermehren („Spaltpilze“), gehören sie in die Gruppe der Spaltpflanzen, in der außer den Bakterien nur noch die Blau- oder Spaltalgen sind. Die Zellen der Spaltpflanzen sind ohne Zellkern. Bei günstigen Ernährungsverhältnissen dauert eine Teilung unter Umständen nur 20 bis 30 Minuten. Selbst wenn wir je Stunde nur eine Teilung annehmen, können aus einem Bakterium im Verlaufe von 24 Stunden bereits 16 Millionen Keime entstehen. Zu den Lagerpflanzen (das sind Pflanzen, die nicht in Wurzel und Sproß gegliedert sind, sondern ein „Lager“ bilden) gehören unter anderem die Pilze. Bei den Pilzen unterscheidet man wiederum:

1. Algenpilze (Kopfschimmel, Pillenwerfer)
2. Höhere Pilze:
  - a) Schlauchpilze (Hefepilze, Pinselschimmel, Gießkannenschimmel)
  - b) Ständerpilze (eßbare und giftige Pilze, Rost- und Brandpilze).

Für uns ist es sehr nützlich und gewinnbringend, wenn wir uns einmal etwas näher mit der Morphologie dieser Mikroorganismen beschäftigen. Dazu nehmen wir uns das „Lehrbuch der Biologie“ (1951) für das 7. Schuljahr, Volk und Wissen Verlag, vor und arbeiten die Seiten 108 bis 119 durch. Am besten verteilen wir die einzelnen Abschnitte und diskutieren dann im Anschluß an ein Referat über das Gehörte. Unser Biologielehrer wird gern daran teilnehmen. Auch die Abbildungen auf diesen Seiten wollen wir uns gut ansehen.

## **14. Bakteriologische Wasser- und Bodenuntersuchung**

Nicht nur den Bakteriengehalt der Luft oder der Haut können wir untersuchen, auch von Wasser und Milch können wir den Keimgehalt feststellen. Bakteriologische Untersuchungen des Trinkwassers (Schulbrunnen!) müssen ständig von amtlichen Stellen vorgenommen werden. Man will wissen, ob das Wasser gesundheitsschädliche Keime enthält, ob es also für Haushaltszwecke und somit auch zum Trinken ohne weiteres verwendbar ist. Nun ist allerdings die Zahl der durch das Wasser übertragbaren Krankheiten gering. Theoretisch können alle Bakterienarten zufällig einmal ins Trinkwasser geraten und somit Krankheiten übermitteln. Praktisch kommen jedoch nur diejenigen Krankheitserreger in Betracht, welche den Menschen vom Magen-Darm-Kanal aus infizieren. Dies sind in unserem Klima hauptsächlich die Bakterien der Typhus- (Paratyphus-) Gruppe. Es gelingt freilich in den seltensten Fällen, diese Bakterien direkt im Wasser nachzuweisen. Man begnügt sich bei der bakteriologischen Wasseruntersuchung mit der Bestimmung der Gesamtkeimzahl, das heißt mit der Zählung der im Wasser überhaupt enthaltenen Bakterien, um zu beurteilen, ob es als Trinkwasser brauchbar ist oder nicht. Wasser mit hohem Keimgehalt ist immer verdächtig. Vor allem sucht man in der Praxis die Anwesenheit des uns ja schon bekannten *Bacterium coli* nachzuweisen. Seine Anwesenheit wird durch sogenannte Anreicherung und durch Züchtung auf Spezialnährböden festgestellt. Da es sowohl im Darm des Menschen als auch im Darm der warmblütigen Tiere vorkommt, ist seine Anwesenheit der Beweis dafür, daß menschliche oder tierische Fäkalien ins Wasser gelangt sein müssen. (Brunnen in unmittelbarer Nähe des Aborts oder der Dünger- und Jauchegrubel!)

Die Bestimmung des Keimgehaltes einer Wasserprobe ist verhältnismäßig einfach. Bei der Untersuchung des Schulbrunnens oder des Leitungswassers lassen wir zunächst das Wasser einige Zeit ablaufen, um Bakterien, die an der Dichtung des Wasserhahnes oder an dem Leder des Pumpenkolbens sitzen, nicht mit einzufangen. Wir füllen das Wasser in einem sterilen, mit Wattebausch verschlossenen Medizinfläschchen ab und entnehmen dann die Wasserprobe. Wir müssen diese Probe aber sobald als möglich untersuchen, vor allem im Sommer, damit sich die Keime nicht im Wasser vermehren und unser Untersuchungsergebnisfälschen. Mit einer Pipette entnehmen wir  $1 \text{ cm}^3$  des zu untersuchenden Wassers, lüften vorsichtig den Deckel einer leeren sterilen Petrischale, tropfen den Inhalt hinein und verschließen. Haben wir keine graduierte Pipette (eine Pipette mit Gradeinteilung), so genügt auch eine Tropf pipette (Augengläschen) mit Gummihütchen, mit der wir ungefähr 20 Tropfen Wasser hineintropfen. Allerdings muß diese Pipette vorher durch Ansaugen von 70prozentigem Alkohol und durch Nachspülen mit sterilisiertem Wasser keimfrei gemacht werden. Inzwischen

haben wir den Inhalt eines Agar- oder Gelatineröhrchens geschmolzen (bei Agar müssen wir wieder nach dem Verflüssigen etwas abkühlen lassen) und gießen ihn nun ebenfalls in die Schale, wobei wir den Deckel nur etwas anheben. Durch vorsichtiges Hin- und Herneigen der Petrischale vermischen wir die Wasserprobe mit dem verflüssigten Inhalt und lassen erstarren. Nach einigen Tagen können wir die entstandenen Kolonien mit Hilfe der Zählplatte auszählen und erhalten somit die Keimzahl, also den Keimgehalt eines Kubikzentimeters untersuchten Wassers.

Bei gutem einwandfreiem Brunnen- oder Leitungswasser werden wir in der Regel kaum mehr als 10 Keime je Kubikzentimeter finden. Anders ist es dagegen, wenn wir Graben-, Fluß- oder Teichwasser untersuchen. Hier sind in einem Kubikzentimeter oft soviel Keime vorhanden, daß der Nährboden damit übersät erscheint und es unmöglich ist, die ineinander übergehenden Kolonien auszuzählen. Wir können uns hier helfen, indem wir nicht  $1 \text{ cm}^3$ , sondern nur  $\frac{1}{10}$  oder  $\frac{1}{100} \text{ cm}^3$  Wasser untersuchen. Da wir solch kleine Mengen nicht genau abpipettieren können, müssen wir eine Verdünnungsreihe anlegen. Wir sterilisieren mehrere mit je  $9 \text{ cm}^3$  Leitungswasser gefüllte und mit einem Wattebausch verschlossene Reagenzgläschchen. Nach dem Abkühlen fügen wir dem ersten Röhrchen  $1 \text{ cm}^3$  der zu untersuchenden Wasserprobe bei und verteilen die mit ihr eingebrachten Keime durch Umschütteln. Entnehmen wir jetzt diesem Glas  $1 \text{ cm}^3$  Wasser, so haben wir eine Verdünnung von 1:10. Diese Verdünnung können wir schon aussäen. Bei stark verschmutztem Wasser verdünnen wir diese Verdünnung noch einmal, indem wir  $1 \text{ cm}^3$  von ihr in das zweite Reagenzglas geben und ebenfalls durch Umschütteln wieder gut verteilen. (Beim Umschütteln müssen wir uns hüten, den Wattebausch zu benetzen; am besten rollen wir das Röhrchen in schräger Haltung zwischen den Händen.) Entnehmen wir nun diesem Gläschen  $1 \text{ cm}^3$ , so haben wir eine Verdünnung von 1:100 gegenüber der Wasserprobe. So können wir jetzt weitere Verdünnungen durchführen, 1:1000, 1:10 000 und so fort. Besonders bei sehr keimhaltigen Flüssigkeiten (Milch, siehe Abschnitt 15) muß man diese Verdünnungen anlegen, da auf einer Kulturplatte nicht mehr als 100 bis 200 Keime aufgehen sollen.

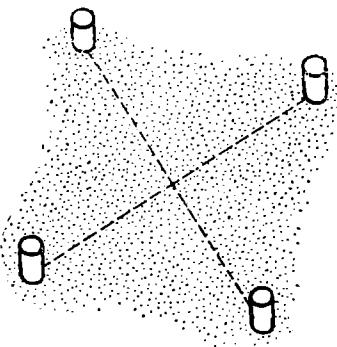
Interessant ist es auch, wenn wir einmal Eis (Natureis, Kunsteis oder Speiseeis) auf seinen Bakteriengehalt untersuchen. Dabei können wir feststellen, daß Eis wohl die Bakterien im Wachstum hemmt, aber nicht abtötet.

Auch Erdproben werden auf dieselbe Weise untersucht. 1 g Erde geben wir in ein mit  $9 \text{ cm}^3$  steriles Wasser gefülltes Reagenzgläschchen und verteilen die Bodenprobe gut durch Umschütteln. Da wir in 1 g guter Gartenerde mit ungefähr 100 Millionen Keimen rechnen müssen, können wir uns ja ausrechnen, wie weit wir die Aufschwemmung verdünnen müssen!

Nun hat allerdings eine derartige Bodenuntersuchung wenig wissenschaftlichen Wert, denn nach den neueren Ergebnissen der Bodenmikrobiologie

kommt es nicht nur auf die Anzahl der Mikroorganismen an, sondern auch auf deren Zusammensetzung und Anordnung im Boden. Nach der Boden- oder Aufwuchsplattenmethode (Rossi-Cholodny) werden Deckgläser oder Objektträger in den Erdboden versenkt. Beim Einbringen der Gläser in den Boden ist es notwendig, diesen dabei so wenig wie möglich zu verändern, wenn man ein unverfälschtes Bild der Mikroorganismen erhalten will. Mit einem Spatel (zum Beispiel einem Maurerspatel) stechen wir in den Boden, erweitern durch einen leichten seitlichen Druck auf den Handgriff des Gerätes den Spalt und versenken die Gläschen hinein. Diese Objektträger oder Deckgläschen bleiben eine bis mehrere Wochen in der Erde, werden so gewissermaßen zu einem Bestandteil des Bodens und werden wie dieser von den Mikroorganismen besiedelt. Um die Stelle in der Erde wiederzufinden, setzen wir vier Markierungspföcke, deren Schnittpunkt uns die Stelle angibt (Abb. 14). Die wieder ans Tageslicht gebrachten Gläschen werden auf der einen Seite vorsichtig von den anhaftenden Erdteilchen gesäubert und mit einem zu einer kleinen Rolle aufgewickelten Stückchen Filterpapier unter mehrmaligem Anhauchen gereinigt. Von der anderen Seite entfernt man nur die größeren Teile. Um nun die Mikroorganismen betrachten zu können, brauchen wir allerdings ein Mikroskop und müssen auch Färbeverfahren anwenden können.

Abb. 14  
Markierungspföcke



## 15. Milch ist ein guter Nährboden für Bakterien

Uns allen ist bekannt, daß Milch im Sommer recht schnell sauer wird. Dieses Sauerwerden beruht auf der Tätigkeit von Bakterien, die man geradezu als Milchsäurebakterien bezeichnet. Um die Anzahl dieser Bakterien zu bestimmen, streicht man in der Praxis eine Ose voll Milch auf einem ganz sauberen fettfreien Objektträger aus, färbt und zählt direkt unter dem Mikroskop. Wir können jedoch eine Keimzahlbestimmung ähnlich durchführen, wie wir sie bei der Wasseruntersuchung (Abschnitt 14) angewendet

haben. Naturgemäß müssen wir die Milchprobe sehr stark verdünnen, da 1 cm<sup>3</sup> frischer Milch bereits über 10 Millionen Keime enthalten kann! Hier bietet sich für uns wieder eine gute Gelegenheit, Reihenversuche durchzuführen.

Zunächst suchen wir zur Melkzeit einen bäuerlichen Betrieb auf und fangen die frisch gemolkene Milch in einem sterilen Erlenmeyerkolben auf. Es ist ratsam, sofort an Ort und Stelle eine Gelatineplatte zu gießen. Weitere Untersuchungen können wir dann in unserm Labor anstellen, das wir allerdings auf schnellstem Wege (Fahrrad!) aufsuchen müssen. Da Milch ein ausgezeichneter Nährboden ist, vermehren sich nämlich vor allem im Sommer die Mikroben in ihr ungeheuer rasch. Das werden wir auch feststellen können, wenn wir im Labor sofort nach Ankunft eine weitere Platte gießen. Diesen Versuch wiederholen wir nun ständig, wobei wir die eine Milchprobe bei Zimmertemperatur halten und eine weitere möglichst kühl stellen (Keller, Kolben mit feuchtem Tuch umwickeln!). Ein Versuchsprotokoll gibt uns über die Entwicklung der Milchsäurebakterien Auskunft.

## **Protokoll: Milchuntersuchung**

#### **Keimgehalt sofort nach der Milchentnahme:**

Keimgehalt nach:	1	2	Stunden 3	4	5
Probe I Zimmertemperatur (18°)					
Probe II kühl gestellt (9°)					

Der Keimgehalt und damit auch die Güte einer Milchprobe lassen sich aber auch noch auf eine andere Art feststellen: Milchsäurebildende Bakterien bilden sogenannte Enzyme (auch Fermente genannt). Das sind Stoffe, die, in sehr geringer Menge vorhanden, die Geschwindigkeit einer chemischen Reaktion bestimmen. (Vielleicht ist euch vom Chemieunterricht her die Diastase oder die Zymase bekannt.) Milchsäurebildner erzeugen nun das Enzym Reduktase. Mit dieser Milchreduktase kann man einen Farbstoff, nämlich Methylenblau, entfärben. Beobachtet man nun die Zeit, in der die Entfärbung geschieht, so hat man ein hinreichend genaues Mittel, um den ungefähren Keimgehalt festzustellen. Deshalb findet diese Methode auch in Molkereien zur orientierenden Keimzahlbestimmung Anwendung.

Zur Ausführung des Versuches füllen wir mehrere Reagenzgläser mit je  $10\text{ cm}^3$  ungekochter Milch und geben in jedes Glas  $1\text{ cm}^3$  verdünnter alkoholischer Methylenblaulösung, verschließen mit dem Daumen und schütteln gut um. Nach Verteilung des Farbstoffes geben wir in jedes Glas noch einige  $\text{cm}^3$  flüssiges Paraffin, um den Sauerstoff der Luft abzuschließen, und stellen

die Gläschchen in ein Wasserbad von etwa 38°. Durch Regulieren der Heizflamme versuchen wir, diese Temperatur möglichst gleichmäßig zu halten, und beobachten dann die Entfärbungszeit.

Sie dauert bei:	Entfärbungszeit rund	Bakterienzahl in 1 cm³ Milch
sehr guter Milch	7 Stunden	bis 60000
mittelguter Milch	2 bis 7 Stunden	60000 bis 2000000
schlechter Milch	1½ Stunden	2000000 bis 2500000
sehr schlechter Milch	15 Minuten	25000000 und mehr

Verunreinigen wir ein Röhrchen absichtlich mit Bakterien, zum Beispiel durch Impfen mit Käse oder Erde, so dauert die Entfärbung nur wenige Minuten.

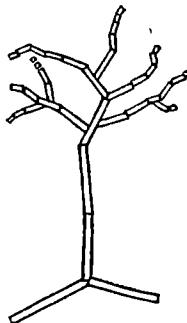


Abb. 15  
*Oidium lactis*

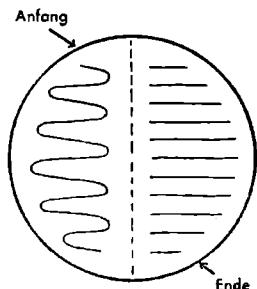
## 16. Versuche mit dem Milchschorf

Nun wird es auch Pionierzirkel und Arbeitsgemeinschaften geben, die im Besitz eines Mikroskopes sind und auch damit umzugehen wissen. Zur Beobachtung von Bakterien genügen allerdings 120—200 fache Vergrößerungen nicht; dazu benötigen wir 1000—1200 fache Vergrößerungen. Zur Beobachtung der Schimmelpilze jedoch langen diese schwachen Vergrößerungen vollkommen aus. Die hier gewonnenen Erkenntnisse erleichtern das Verständnis ähnlicher Vorgänge bei kleineren Organismen, bei Hefen und Bakterien, wo die kleinen Abmessungen der Objekte naturgemäß die Beobachtung erschweren.

Auf der Oberfläche sauer gewordener Milch stellt sich häufig ein weißer samartiger Schimmelüberzug ein. Streichen wir mit der Öse unserer Impfnadel leicht über die Schimmeldecke und übertragen dann den Abstrich in ein Tröpfchen Wasser auf einem Objekträger, so bemerken wir unter dem

Mikroskop ein Pilzmycel. Durch Zerfall dieser Mycelfäden in stäbchenförmige Stücke von verschiedener Länge entstehen in einfachster Weise Fortpflanzungsorgane, sogenannte Oidien (Abb. 15). (Vorsicht, nicht mit der Öse zu tief eintauchen, da wir sonst Fettropfen erwischen! Wir erkennen sie leicht, weil sie stark lichtbrechende Körnchen sind.) Als Oidien bezeichnet man gewisse Pilze, deren Mycel in einfachster Weise unter Entstehung von Querwänden in Stücke zerfällt und aus je einem solchen Stück wiederentsteht. Nicht nur auf saurer Milch, sondern auch auf der Oberfläche von Preßhefe, Käserinde, sauren Gurken und so weiter finden wir diesen Milchschorf. Nun wollen wir eine Reinkultur von *Oidium lactis*, also unserm Milchschorf, herstellen, denn in der Milch sind auch noch andere Bakterien enthalten, kleine Stäbchen, die aus dem Zucker der Milch die Milchsäure herstellen. In Abschnitt 8 hatten wir bereits durch Abimpfen einer einzelnen Kultur von einer Platte auf Schrägar agar eine Reinkultur hergestellt. Das war insofern einfach, als ja diese einzelne Kultur schon eine Reinkultur war. Jetzt ergibt sich die Schwierigkeit, aus mehreren Arten von Mikroorganismen eine bestimmte Art zu isolieren. Es gibt da in der Bakteriologie verschiedene Techniken. Meist braucht man dazu drei Agar- oder Gelatineplatten. Um Material zu sparen, wollen wir uns auf eine Platte beschränken. 8 bis 10 cm<sup>2</sup> Nährboden, am besten Hefegelatine, gießen wir in eine unserer großen sterilen Petrischalen und lassen ihn erstarren. Mit der Öse entnehmen wir nun wieder eine Spur von der samartigen Oberfläche der Milch und streichen in ganz dicht nebeneinanderliegenden Schlangenlinien auf der halben linken Oberfläche der Schale aus. (Unterseite der Schale mit Fettstift anzeichnen!) Dann drehen wir die Schale um 90° und streichen den restlichen Halbkreis ebenfalls mit derselben Nadel aus (Abb. 16). Auf dem ersten Feld sind die meisten Keime hängengeblieben; durch das Abstreichen sind immer weniger Keime an der Nadel, und am Ende des zweiten Abstrichfeldes werden nur vereinzelte Keime in großen Abständen auf der

Gelatine hängenbleiben. Die Pilzkolonien, die sich dort in diesem letzten Feldende entwickeln, stammen also mit allergrößter Wahrscheinlichkeit von einem einzigen Keim ab, sind also Reinkulturen. Wir müssen nur darauf achten, daß wir die Öse möglichst parallel zur Nährbodenoberfläche führen und nicht zu stark aufdrücken, um die Nährbodenoberfläche nicht aufzureißen und nicht in das bereits beimpfte Gebiet hineinzukommen. Dann lassen wir unsere bestrichene Platte bei höchstens 20° stehen und warten, bis die aufgeimpften Kolonien von *Oidium lactis* sichtbar werden. Auch hiervon können wir uns für unsere Sammlung eine Reinkultur anlegen.



**Abb. 16**  
Plattenausstrich zur Gewinnung von Reinkulturen

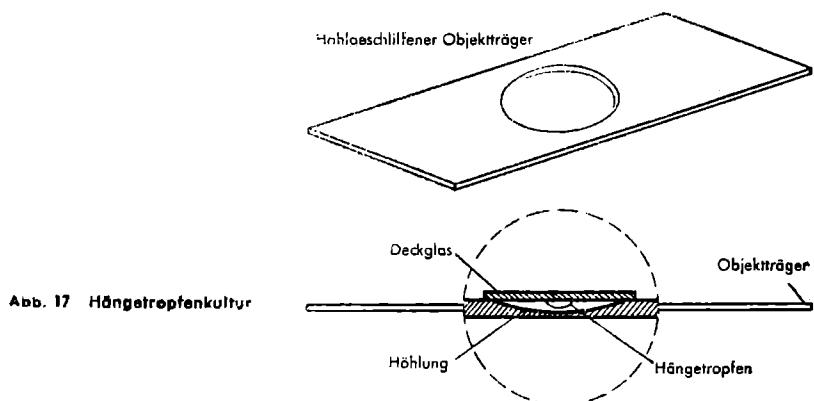


Abb. 17 Hängetropfenkultur

Betrachten wir nun die auf der Gelatineplatte gewachsenen Kolonien des Pilzes bei schwacher Vergrößerung im auffallenden Licht, so können wir die Sporenbildung sehr schön beobachten. Von den Kolonien strahlen nämlich Fäden aus, die über die Gelatine hinwachsend in stäbchenförmige Sporen zerfallen. Da die Gelatine dem wachsenden Pilzfaden Widerstand entgegengesetzt, knicken die Fäden an den Abgliederungsstellen der einzelnen Sporen ein, und so verlaufen die Fäden zickzackförmig. Wenn die Kolonien des Pilzes größer werden, riecht die Gelatineplatte nach Käse, weil die Milchsäurebakterien Gelatine in ähnlicher Weise abbauen wie die Eiweißstoffe in der Milch.

Wollen wir das Wachstum des Milchsommels einmal fortlaufend verfolgen, so müssen wir eine Hängetropfenkultur anlegen. Dazu brauchen wir zunächst einen Objektträger mit einer eingeschliffenen Vertiefung in der Mitte, einen sogenannten hohlgeschliffenen Objektträger. Um den Rand der Vertiefung ziehen wir mit einem feinen Pinsel einen Rand aus Vaseline. Nun nehmen wir ein sauberes, möglichst großes Deckglas (20 mm) und bringen einen kleinen Tropfen steriles Hefewasser in seine Mitte. In dieses Hefewasser übertragen wir mit unserer Impfnadel eine winzige, kaum sichtbare Spur aus einer Reinkultur von *Oidium lactis*. Nun legen wir dieses Deckglas vorsichtig mit dem Tropfen nach unten auf den Vaseline-Rand, so daß das Tröpfchen in der Höhlung des Objektträgers hängt. Wir erhalten eine „feuchte Kammer“; denn die Vaseline-Schicht zwischen beiden Gläsern verhindert die Verdunstung und auch die Verschiebung des Deckglases (Abb. 17). Das Ganze bringen wir nun unter das Mikroskop. Einige Schwierigkeiten bereitet das Einstellen, weil dabei leicht das Deckglas zerdrückt werden kann. Es ist ratsam, immer zuerst auf den Rand des Hängetropfens einzustellen, der sich als deutlich sichtbare Linie unter dem Mikroskop zeigt, und von da aus den Hängetropfen zu untersuchen (Abb. 18).

Im Hängetropfen beobachten wir nun das Hervorwachsen des Keimschlau-ches aus den Sporen von *Oidium lactis*. Wir beobachten ferner die Quer-wände und Verzweigungen der Pilzfäden oder Hyphen, welche in ihrer Ge-samtheit das Mycel des Pilzes bilden. Wir sehen auch bei stärkerer Ver-größerung außen eine deutliche Zellwand, welche den Zellinhalt (Proto-plasma und Zellsaft) umschließt.

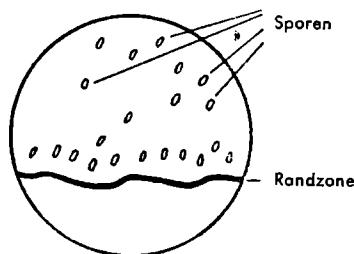


Abb. 18  
„Hängender Tropfen“ (Randeinstellung)

## 17. Bakteriensporen sind recht hitzebeständig

Bei dem Milchsimmel haben wir die Entwicklung von Sporen im hängen-den Tropfen beobachtet. Auch Hefen und Bakterien bilden solche Dauer-formen. Bakteriensporen sind stark lichtbrechende kugelige oder elliptische Gebilde in der Mitte oder am Ende eines Bazillus, die aus einem Innen-körper und einer Sporenmembran bestehen. Sie sind äußerst widerstands-fähig gegen Eintrocknen, Hitze, Kälte und Chemikalien. Da diese Sporen-bildner in der Natur weit verbreitet sind, können wir sie leicht in Reinkultur erhalten. So wollen wir aus Gartenerde den Wurzelbazillus (*Bacillus mycoides*) isolieren. Wir schwemmen 1 g Gartenerde in 100 cm<sup>3</sup> Wasser auf und kochen diese Aufschwemmung 10 Minuten. Da beim Kochen alle übrigen nichtsporenbildenden Bakterien zugrunde gehen, die Sporen jedoch die Hitze überstehen, übertragen wir mit unserer Impföse Striche auf Nähr-gelatine. Die nach einiger Zeit aus den Sporen aufgehenden Kolonien des Wurzelbazillus sehen anfangs einem Pilzmycel ähnlich; später entstehen bei starker Verflüssigung der Gelatine unregelmäßige, wurzelartige Verzwei-gungen, an denen wir den Pilz sehr leicht erkennen. Andere, nicht näher zu bestimmende Sporenbildner bekommen wir, wenn wir Mohrrüben ab-waschen, in 5 cm lange Stücke schneiden und 1 bis 2 Minuten in kochendes Wasser halten. Übertragen wir dann die Stücke in sterile Petrischalen, ent-wickeln sich meist tröpfchenartige Bakterienkolonien, die wir natürlich auch abimpfen können.

Wenn wir gutes Futterheu mit wenig Wasser übergießen, diesen Aufguß einige Tage warm stehenlassen und ihn ebenfalls eine Stunde bei geringer Dampfentwicklung kochen, können wir den *Heubacillus* (*Bacillus subtilis*) isolieren. Lassen wir diesen Aufguß nämlich einige Tage warm stehen, so bildet sich meist eine Kahmhaut, welche unter Umständen den *Bacillus subtilis* rein enthält. Impfen wir auf Nährgelatine ab, so verflüssigen die Kolonien rasch die Gelatine.

Nun werden wir auch verstehen, warum die Hausfrau manches Gemüse lieber zweimal einkocht. Wir werden auch verstehen, daß unsere Nährböden oft noch, obwohl wir sie ausreichend sterilisiert haben, nach einiger Zeit Mikrobenwachstum zeigen. Beim Sterilisieren besteht nämlich durchaus die Möglichkeit, daß Sporen diese Vorgänge überstehen und dann auskeimen. Wenn wir jedoch nach 1 oder 2 Tagen den Inhalt der Einkochgläser oder unsere Nährböden ein zweites Mal sterilisieren, wird es uns gelingen, die soeben ausgekeimten Sporen zu vernichten. Kartoffel- und Rübennährböden müssen wir mindestens zweimal, besser sogar dreimal sterilisieren, da die Erde, wie wir bereits wissen, äußerst hitzeresistente (hitzebeständige) Sporenbildner enthält.

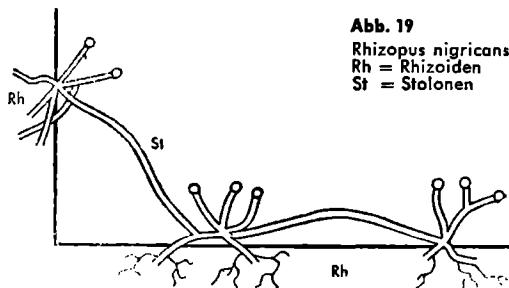


Abb. 19  
*Rhizopus nigricans*  
 Rh = Rhizoiden  
 St = Stolonen

## 18. Weitere interessante Schimmelpilze

Man kann nicht behaupten, daß die Hausfrau sehr begeistert ist, wenn sie auf ihren eingekochten Früchten grüne, graue oder schwarze Schimmelpilze erblickt. Jeder kennt und haßt den „Schimmel“. Wenn wir uns jedoch einmal die Mühe machen und uns diese viel geschmähten Gesellen unter dem Mikroskop betrachten, werden wir von ihrer Schönheit überrascht sein. Material zu unseren Studien werden wir auch oft in unerwünschter Weise auf unseren Agar- und Gelatineplatten finden. Sonst beschaffen wir es uns, indem wir in eine Petrischale feuchtes Lösche- oder Fließpapier und darauf ein Stück angefeuchtetes Brot legen. Wenn wir Schwarzbrot mit Staub einreiben und in einer feuchten Doppelschale ungefähr bei 30° halten, finden

wir oft den Wurzelschimmel (*Rhizopus nigricans*). Mittels schlachtförmiger Zellfäden (Rhizoiden) und Ausläufern (Stolonen) klettert er an den Glaswänden der Kulturschale empor (Abb. 19). Es ist sehr interessant, Schimmelpilzkolonien bei schwacher Vergrößerung unter dem Mikroskop zu durchmustern. Da die Kolonien undurchsichtig sind, können wir den Spiegel nicht verwenden, sondern müssen im „Auflicht“ arbeiten, also das Licht auf unsere Kulturen fallen lassen. Dazu schrauben wir den Tubus hoch, bringen die Petrischale auf den Objektivtisch und senken nun vorsichtig wieder den Tubus, bis wir die Sporenketten erblicken. Nachdem wir diese studiert haben, senken wir den Tubus weiter und kommen in eine Ebene, die nur die Stiele der Sporenträger zeigt. Wir verschieben dann die Kultur und suchen die Übergangszone des weißen Mycels in den Nährboden und beobachten hier das Vordringen der Fäden. Wir werden erstaunen über die Schönheit des mikroskopischen Bildes! Unsere Schimmelpilze sind nicht nur „häßliche Stinker“, sondern wundervolle Naturgebilde. Beim Durchmustern unserer Kolonien werden wir verschiedene Arten von Kleinpilzen finden (Abb. 20). Einmal stehen die Konidien auf einer kugelförmigen Anschwellung, so daß ein dem Brausekopf einer Gießkanne ähnliches Gebilde entsteht, das dem Pilz den Namen „Gießkannenschimmel“ (*Aspergillus*) eingetragen hat (Abb. 20 a). Er

bildet meist braune bis schwarze Rasen. Im anderen Falle sehen wir pinselförmige Verzweigungen. Das ist der „Pinselschimmel“ (*Penicillium*) (Abb. 20 b), der meist in grüner, blaugrüner, aber auch in weißer Farbe auftritt. Er ist besonders bemerkenswert, da einige Arten einen Stoff abscheiden, der eine Giftwirkung gegen gefährliche Krankheitserreger entfaltet und dem Arzt ein ausgezeichnetes Heilmittel gibt, das bekannte Penicillin. Während alle Schimmelpilze außer auf den genannten Nährböden noch sehr gern auf Bierwürze (aus der Brauerei zu beziehen), Pflaumen- und anderen Obstsaften, Äpfeln und Birnen gedeihen, gibt es zwei Schimmelpilze, die besondere Vorliebe für Mist haben. Dazu müssen wir einmal frischen Pferdemist sammeln. Wir legen ein Einkochglas mit feuchtem Löschpapier aus und stülpen es mit der Öffnung nach unten über unseren Pferdeapfel, der auf einem

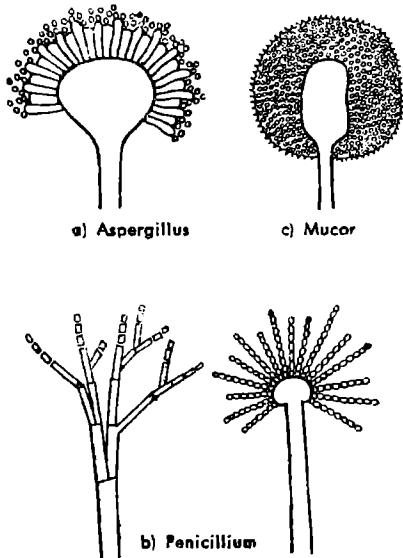


Abb. 20

ebenfalls mit feuchtem Papier bedeckten Teller liegt. Wir lassen ihn bei 25° stehen. In wenigen Tagen erscheint ein Wald von zarten Stielchen, die oben ein rundes, bräunliches Köpfchen tragen (Abb. 20 c). Unter dem Mikroskop erkennen wir, daß diese Köpfchen mit Sporen gefüllt sind. (Alle diese mikroskopischen Untersuchungen erfolgen am besten ungefärbt im Wasser.) Es handelt sich hier um den Kopfschimmel (*Mucor mucedo*). Nach einigen weiteren Tagen erscheint meistens der „Pillenwerfer“ (*Pilobolus*). Dieser eigenartige Pilz schießt zur Zeit der Sporenlösung die dunklen Deckel seiner Sporenbehälter (Sporangien) mit den Sporen bis zu 2 m weit weg (Abb. 21). Noch interessanter ist die Tatsache, daß er diese immer nach dem Licht zu abschießt. Wenn wir also Kulturen unseres *Pilobolus* heranwachsen sehen, überkleben wir unser Einkochglas von außen lichtdicht mit schwarzem Papier und lassen nur eine Öffnung an der Seite frei. (Natürlich müssen wir auch das Löschenpapier innen an dieser Stelle ausschneiden.) Wir stellen dann fest, daß alle abgeschleuderten Deckel und Sporen das Glas an der Stelle treffen, durch die das Licht einfällt. Man bezeichnet das als positiven Phototropismus. Falls es uns nicht gleich beim ersten Male gelingt, diese *Piloboluskulturen* zu erhalten, dürfen wir als echte Forscher nicht die Lust verlieren, sondern müssen den Versuch wiederholen. Die Einhaltung der richtigen Feuchtigkeit ist das Wichtigste bei der Behandlung der Kulturen. Zu feucht gehaltener Mist überzieht sich mit einer Bakterienhaut, die das Aufkommen des *Pilobolus* verhindert, und zu trocken gehaltener Mist wird von Schimmelpilzen verschiedenster Art überwuchert.

Selbstverständlich können wir bei den Sporen sämtlicher Schimmelpilze im hängenden Tropfen unter dem Mikroskop Keimungsversuche anstellen, ähnlich wie bei den Versuchen mit dem Milchschorf.

Im übrigen wollen wir bei den Versuchen mit Schimmelpilzen recht vorsichtig sein, denn die in der Luft umherfliegenden Sporen stören häufig das Wachstum unserer Bakterienplatten, da sie sich sehr oft auf ihnen als ungebetene Gäste einfinden. Wir werden also Schimmelpilzversuche lieber in einem gesonderten Raum vornehmen.

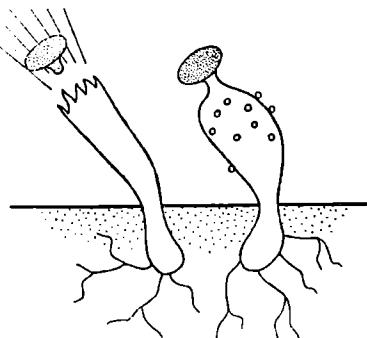


Abb. 21  
*Pilobolus „Pillenwerfer“*  
Die linke Stielzelle schießt den Deckel mit den Sporen ab (n. Metzner)

## 19. Wie wir Leuchtbakterien erhalten können

Ein äußerst eindrucksvolles Bild ist es, wenn wir zum ersten Male Bakterien leuchten sehen. Es ist nun durchaus nicht schwierig, sich Leuchtbakterien zu beschaffen, von denen bis jetzt ungefähr 30 Arten bekannt sind. Der Wiener Pflanzenphysiologe Hans Molisch empfiehlt in seinem Buch „Leuchtende Pflanzen“, hühnereigroße, frisch vom Fleischer beschaffte Rindfleischstücke in eine passende Glasschale zu legen und sie mit einer 3prozentigen Kochsalzlösung so zu übergießen, daß das Fleisch zur Hälfte davon bedeckt ist. Dann läßt man die Schale mit dem Fleisch bei 8 bis 12° stehen. Molisch fand nach 1 bis 3 Tagen unter 100 Proben 89 leuchtend. Da Leuchtbakterien auch im Meere vorkommen, können wir sie auch auf einfache Weise von Seefischen gewinnen. Grüne Heringe (nicht Salzheringe!) übergießen wir ebenfalls in einer Schüssel mit einer 3prozentigen Kochsalzlösung so, daß die Fische aus dieser Lösung herausragen, und stellen sie in ein kaltes Zimmer. Diesen Versuch können wir nur in der kalten Jahreszeit machen. Während Kälte und Salzgehalt hemmend auf die Fäulnisbakterien einwirken, entwickeln sich die Leuchtbakterien ungehindert. Gehen wir jetzt nach 1 bis 2 Tagen abends in das Zimmer, so werden wir die Fische in einem wunderbaren weißlichen Licht glühen und leuchten sehen. (Natürlich müssen unsere Augen ausgeruht sein. Wir dürfen also nicht gerade unter einer sehr hellen Lampe gelesen haben, sonst müssen wir uns einige Minuten in dem dunklen Raum aufhalten.) Wir werden nun den begreiflichen Wunsch haben, uns Reinkulturen zuzulegen, um jederzeit das Leuchten beobachten zu können. Leider ist dies jedoch nicht so einfach, da das Leuchten bald nachläßt und die Leuchtbakterien wieder frisch überimpft werden müssen. Außerdem verlangen sie einen Spezialnährboden. So wollen Leuchtbakterien, die von Fischen stammen, folgende Nährlösung haben: Abkochung von grünen Heringen plus 3% Kochsalz, plus 1% Glyzerin und 1% Pepton. Beim Abimpfen muß man die Spitze der Impfnadel beachten: Sind Leuchtbakterien daran, so müssen sie als winzige Lichtpunktchen zu sehen sein. Daß der Leuchtprozess unter anderem auch von der Sauerstoffzufuhr abhängt, beweist Molisch in folgendem Versuch: „Eine 1½ m lange und etwa 8 mm breite, an einem Ende zugeschmolzene Glaskröse wird mit stark leuchtender Bouillon (gemischt mit *Bacterium phosphorescens*) nahezu ganz gefüllt, so daß an der oberen Öffnung nur ein ½ bis 1 cm langes Stück, mit Luft versehen, übrigbleibt. Läßt man nun eine so vorbereitete Röhre eine Viertelstunde stehen, so erlischt, da die Bakterien den Sauerstoff veratmen, die Bouillon mit Ausnahme des Meniskus, wo der Sauerstoff die Bakterien unmittelbar erreicht. Verschließt man jetzt die Röhre mit dem Daumen und kehrt sie um, so steigt die Luft in Form einer Blase auf und macht die ganze Bouillon wieder leuchtend. Stellt man die Röhre dann wieder hin, so erlischt binnen einer Viertelstunde die Bouillon, und der Versuch kann dann von neuem wiederholt werden.“

## **WORTERKLÄRUNGEN**

Abkürzungen: griech. = griechisch; lat. = lateinisch.

**Bakteriologe:** Wissenschaftler, der sich mit der Erforschung der Bakterien, das heißt mit ihren biologischen Eigenschaften, ihrer Gestalt, ihren Wirkungen auf den sie beherbergenden Organismus usw. befaßt

**bakteriologisch-diagnostische Untersuchung:** wissenschaftliche Untersuchung zur Feststellung von Bakterien und Unterscheidung nach ihren Merkmalen — (von griech. bakterion, Verkleinerungsform von baktron = Stab, Stock und diagnosis = Entscheidung, Urteil, Richterspruch)

**Diastase:** ein Enzym, das Stärke in einem allmählichen Prozeß in Maltose (Malzzucker) überführt. Diastase ist in pflanzlichen und tierischen Organismen weit verbreitet — (von griech. diastasis = Trennung, Spaltung)

**Enzym:** ein Stoff, der einen chemischen Vorgang hervorruft oder beschleunigt und selbst unverändert aus den Umsetzungen hervorgeht. Eine wesentliche Eigenschaft der Enzyme (auch Fermente genannt) ist es, immer nur eine Art von chemischen Vorgängen zu veranlassen. Auf Grund ihrer Eigenschaften bezeichnet man die Enzyme zusammen mit den Vitaminen und Hormonen als Katalysatoren — (von griech. zymolin = säuern, in Gärung setzen)

**Ferment:** siehe Enzym — (von lat. fermentum = Sauerteig)

**Konidien:** Pilzsporen

**Meniskus:** Oberfläche einer Flüssigkeit in einem Haargefäß — (von griech. meniskos = Mündchen)

**Mikroben:** kleinste pflanzliche oder tierische Lebewesen, zu denen vor allem die Bakterien rechnen — (von griech. mikros = klein und bios = Leben)

**Morphologie:** Formenlehre; Wissenschaft, die sich mit der Gestalt der Tiere und Pflanzen befaßt — (von griech. morphe = Form, Gestalt und logos = Lehre)

**Mycel:** das den eigentlichen Pflanzenkörper der Pilze darstellende Gezweig bis Geflecht von Hyphen. Unter Hyphen versteht man die farblosen, nicht blattgrünhaltigen Zellfäden — (von griech. mykes = Pilz)

**Pflanzenphysiologe:** Wissenschaftler, der sich mit den normalen Lebensvorgängen im Pflanzenkörper befaßt — (von griech. physis = natürliche Beschaffenheit und logos = Lehre)

**Phototropismus:** Fähigkeit des Pflanzenkörpers und seiner Teile, eine bestimmte Wuchsrichtung oder Lage unter dem Einfluß von Licht einzunehmen. Positiver Phototropismus: Hinwendung zur Reizquelle, also zum Licht; negativer Phototropismus: Abwendung von der Reizquelle. Man spricht auch von Heliotropismus — (von griech. phos = Licht und tropein = wenden; helios = Sonne)

**Reduktase:** ein Enzym, das in Rohmilch enthalten ist und eine Lösung von Methylenblau zu entfärbten vermag. Bei Erhitzung der Milch wird das Enzym zerstört

**Reinkultur:** eine künstlich hergestellte Wachstumskultur, in der nur eine bestimmte Pilz- oder Bakterienart auf einem Nährboden wächst

**serologisch:** charakteristisch für das Serum

**Serum:** der nicht mehr gerinnende Bestandteil von Körperflüssigkeiten, insbesondere des Blutes — (von lat. serum = Molke, Käsewasser)

**sterilisieren:** keimfrei machen — (von lat. sterilis = unfruchtbar)

**Systematik:** die Kunst der planmäßig geordneten Darstellung; Anleitung, ein System zu bilden — (von griech. sistema = Vereinigung, Zusammenstellung)

**Tubus:** Rohr, an dem Linsen angebracht sind (Mikroskop) — (von lat. tubus = Rohr)

**Zymase:** künstlich hergestellter Hefepreßsaft, der aus einem Gemisch von Fermenten besteht und ebenso wie lebende Hefezellen Gärung hervorruft

## BEZUGSQUELLENHINWEIS

Die notwendigen **chemischen Geräte** (Reagenzgläser, Glastrichter, Petrischalen, Erlenmeyerkolben und so weiter) bestellen wir durch die Schule beim Volk und Wissen Verlag, Abteilung Lehrmittel, Berlin C 2.

**Agar** und **Gelatine** können wir, falls wir sie dort nicht erhalten, auch von der Firma Dr. G. Grübler & Co., Markkleeberg bei Leipzig, beziehen. **Nähragar in fester Form**, ausreichend für 100 cm<sup>3</sup>, kostet etwa —,40 DM, für 1 Liter 3,— DM, **Nährgelatine** —,50 DM und 4,— DM. **Gebräuchsfähige Nährböden:** 100 cm<sup>3</sup> Nähragar kosten 1,25 DM, Nährgelatine ebenfalls 1,25 DM.

Für 1 Liter Nähragar braucht man 20 g festen Agar und für 1 Liter Nährgelatine 120 bis 150 g feste Gelatine (je nach Jahreszeit). Mit 1 Liter Nährlösung können wir 100 Petrischalen (mit 9 cm Durchmesser) gießen.

Einen Kasten mit den notwendigen Geräten zur Ausführung der Versuche stellt her: Gustav Pfeiffer (Naturwissenschaftliche Lehrmittel), Leipzig C 1, Emilienstr. 20.

## **INHALTSVERZEICHNIS**

1. Was wollen wir tun? .....	3
2. Wie wir unser Labor einrichten .....	4
3. Die Herstellung von Nährösungen .....	8
4. Der Einfluß von Hitze, Kälte, Trockenheit und Giften ....	10
5. Die Stubenfliege als Keimüberträgerin .....	14
6. Robert Koch, der Begründer der modernen Bakteriologie 16	
7. Bakteriologische Untersuchung der Luft .....	19
8. Wir stellen eine Reinkultur her .....	21
9. Ein unsauberer Geldschein ist ein Bazillenträger .....	22
10. Metalle wirken wachstumshemmend auf Bakterien .....	23
11. Auch auf unserer Haut sitzen Bakterien .....	24
12. Sonnenlicht ist ein Feind der Bakterien .....	25
13. Bakterien — Schimmelpilze — Hefen .....	25
14. Bakteriologische Wasser- und Bodenuntersuchung .....	27
15. Milch ist ein guter Nährboden für Bakterien .....	29
16. Versuche mit dem Milchsimmel .....	31
17. Bakteriensporen sind recht hitzebeständig .....	34
18. Weitere interessante Schimmelpilze .....	35
19. Wie wir Leuchtbakterien erhalten können .....	38
Worterklärungen .....	39
Bezugsquellenhinweis .....	40



# U N S E R E W E L T

## GRUPPE 1

Märchen und Geschichten

Fahrten und Abenteuer

Menschen und Tiere

Singen und Musizieren

Aus fernen Ländern

Dichtung und Wahrheit

Unsere Schule

Bilder und Bauten

Wir diskutieren

Für die gerechte Sache

Zeitgenossen erzählen

Der Vorhang geht auf

Spiel und Sport

Unsere Heimat

## GRUPPE 2

Mathematik

Physik und Geophysik

Chemie

Biologie

Geographie und Geologie

Astronomie und Astrophysik

Aus der Geschichte  
der Naturwissenschaften

## GRUPPE 3

Wie wir uns nähren und kleiden

In Werkstatt und Betrieb

Mit Werkzeug und Maschine

Wir bauen Häuser, Dörfer, Städte

Auf Wegen, Straßen, Brücken

Wie der Mensch die Erde verändert

Aus der Geschichte  
der Arbeit und Technik