

## Zur Ätiologie des Milzbrandes.<sup>1)</sup>

Von

Dr. R. Koch,

Regierungsrat.

Bis vor wenigen Jahren war über die Ätiologie der Milzbrandkrankheit nichts weiter bekannt, als was durch die Entdeckungen von P o l l e n d e r, B r a u e l l und D a v a i n e festgestellt war, daß nämlich im Blute von milzbrandkranken und an Milzbrand gestorbenen Tieren mikroskopisch kleine stabförmige Gebilde sich finden und daß durch Verimpfung von Blut, welches diese Stäbchen enthält, die Krankheit auf andere Tiere übertragbar ist, während solches Blut, welches stäbchenfrei ist, z. B. dasjenige vom Fötus eines an Milzbrand gestorbenen Tieres, keinen Milzbrand erzeugt. Diese Tatsache allein konnte jedoch nur vereinzelte Abschnitte der Milzbrandätiologie, die unmittelbare Übertragung von einem Tier auf das andere durch Insektenstich, Hundebiß, sowie die Infektion von Menschen durch Verletzungen beim Schlachten und Zerlegen von milzbrandigen Tieren erklären. Das große Gebiet der spontanen Entstehung von Milzbrand, die Massenerkrankungen in Jahreszeiten, in denen Insekten die Übertragung nicht vermitteln können, hauptsächlich aber die merkwürdigen Beziehungen der Krankheit zu Bodenverhältnissen blieben völlig unaufgeklärt. Im Verein mit der damals noch geringen Kenntnis der pathogenen Bakterien hatte dieser Umstand zur Folge, daß von den meisten die Milzbrandstäbchen für nicht organisierte, zufällige oder doch mit der Krankheitsursache in nebensächlicher Beziehung stehende Gebilde erklärt wurden.

In diese Zeit trafen meine Untersuchungen über Milzbrand, deren Resultate ich hier zum Verständnis des nachfolgenden ganz kurz rekapitulieren muß.

Zunächst konnte festgestellt werden, daß die Milzbrandstäbchen, von denen man bis dahin nicht die geringsten Lebensäußerungen wahrgenommen und die deswegen vielfach für kristallinische Gebilde gehalten waren, in geeigneten Flüssigkeiten und bei einer bestimmten Temperatur sich verlängern, zu langen Fäden heranwachsen, also unbestreitbar lebende Wesen sind, dem Pflanzenreich angehören und in die den Bakterien angehörige Gruppe der Bazillen einzureihen sind.

Als diese Entwicklung der Milzbrandbazillen dann weiter verfolgt wurde, zeigte sich, daß in den Fäden schon nach kurzer Zeit glänzende, eiförmige Körperchen entstehen, die nach dem bald erfolgenden Zerfall des Fadens von der Vegetation der Milzbrandbazillen allein zurückbleiben und wenn sie wiederum in Nährlösung gebracht werden, auskeimen, von neuem zu Stäbchen und langen Fäden heranwachsen.

Die glänzenden Körperchen sind also als die Fruchtform der Milzbrandbazillen, als ihre Sporen anzusehen und mit der Umbildung der aus dem Blut eines milzbrandigen Tieres entnommenen Bazillen zu langen Fäden, in denen die Sporen entstehen, und mit der Umwandlung der Sporen in neue Bazillen ist der Entwicklungskreis dieser merk-

<sup>1)</sup> Aus Mitteilungen aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte, Bd. I, 1881, Berlin.

würdigen pflanzlichen Organismen geschlossen. Durch viele Experimente wurde dann die Überzeugung erlangt, daß die Umwandlungen, welche die Milzbrandbazillen erleiden, niemals über diesen engen Formenkreis hinausgehen.

Mit Hilfe dieser Entdeckungen konnte von neuem die Aufklärung der Milzbrand-ätiologie versucht werden; denn es zeigte sich bald bei Versuchen, die mit den Sporen der Milzbrandbazillen angestellt wurden, daß dieselben eine Dauerform im wahren Sinne des Wortes sind. Während die Bazillen selbst sehr vergänglicher Natur sind und in trockenem Zustande nur wenige Tage lebensfähig bleiben, können die aus ihnen entstandenen Sporen getrocknet jahrelang aufbewahrt werden, ohne daß sie auch nur im geringsten an ihrer Fähigkeit, sich wieder zu Bazillen zu entwickeln oder einem Tier eingepflanzt dasselbe durch Milzbrand zu töten, einbüßen. Aber noch mehr als das vermögen sie zu überstehen. Sie können abwechselnd bald feucht bald trocken gehalten werden und verlieren auch dann noch nicht ihre Keimfähigkeit und ihre für Menschen und Tiere gefährlichen Eigenschaften.

Nachdem dies erkannt war, bestand keine Schwierigkeit mehr, die vollständige Ätiologie des Milzbrandes in ihren Grundzügen festzustellen. Auf Grund meiner Versuche konnte ich dieselbe in folgender Weise darstellen<sup>1)</sup>.

„Vor der Tatsache, daß Milzbrandsubstanzen, gleichviel ob sie verhältnismäßig frisch oder ausgefault oder getrocknet und Jahre alt sind, nur dann Milzbrand zu erzeugen vermögen, wenn sie entwicklungsfähige Bazillen oder Sporen des *Bacillus Anthracis* enthalten, vor dieser Tatsache müssen alle Zweifel, ob der *Bacillus Anthracis* wirklich die eigentliche Ursache und das Kontagium des Milzbrandes bildet, verstummen. Die Übertragung der Krankheit durch feuchte Bazillen im ganz frischen Blut kommt in der Natur wohl nur selten vor, am leichtesten noch bei Menschen, denen beim Schlachten, Zerlegen, Abhäuten von milzbrandigen Tieren Blut oder Gewebssaft in Wunden gelangt. Häufiger wird wahrscheinlich die Krankheit durch getrocknete Bazillen veranlaßt, welche, wie nachgewiesen wurde, ihre Wirksamkeit einige Tage erhalten können. Durch Insekten, an Wolle und dergleichen haftend, namentlich mit dem Staub, können sie auf Wunden gelangen und dann die Krankheit hervorrufen. Die eigentliche Masse der Erkrankungen aber, welche fast immer unter solchen Verhältnissen eintritt, daß die eben genannten Übertragungsweisen ausgeschlossen werden müssen, kann nur durch die Einwanderung von Sporen des *Bacillus Anthracis* in den Tierkörper verursacht werden. Denn die Bazillen selbst können sich in dauernd trockenem Zustande nur kurze Zeit lebensfähig erhalten und vermögen deswegen sich weder im feuchten Boden zu halten, noch den wechselnden Witterungsverhältnissen (Niederschlägen, Tau) Widerstand zu leisten, während die Sporen dagegen in kaum glaublicher Art und Weise ausdauern. Weder jahrelange Trockenheit, noch monatelanger Aufenthalt in faulender Flüssigkeit, noch wiederholtes Eintrocknen und Anfeuchten vermag ihre Keimfähigkeit zu zerstören. Wenn sich diese Sporen erst einmal gebildet haben, dann ist hinreichend dafür gesorgt, daß der Milzbrand auf lange Zeit in einer Gegend nicht erlischt. Daß aber die Möglichkeit zu ihrem Entstehen oft genug gegeben ist, wurde früher schon hervorgehoben. Ein einziger Kadaver, welcher unzumutbar behandelt wird, kann fast unzählige Sporen liefern, und wenn auch Millionen von diesen Sporen schließlich zugrunde gehen ohne zur Keimung im Blute eines Tieres zu gelangen, so ist bei ihrer großen Zahl doch die Wahrscheinlichkeit nicht gering, daß einige vielleicht nach langer Lagerung im Boden oder im Grundwasser, oder an Haaren, Hörnern, Lumpen und dergleichen angetrocknet als Staub, oder auch mit Wasser auf die Haut der Tiere gelangen und hier direkt durch

<sup>1)</sup> Cohns Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Bd. II, Heft 2, p. 303. (Diese Werke p. 21. D. Herausgeber.)

eine Wunde in die Blutbahn eintreten, oder auch später durch Reiben, Scheuern und Kratzen des Tieres in kleine Hautabschilferungen eingerieben werden. Möglicherweise dringen sie auch von den Luftwegen oder vom Verdauungskanal aus in die Blut- oder Lymphgefäße ein.“

In betreff der Bildung der Sporen und deren Ablagerung im Erdboden führten mich die aus meinen Versuchen gewonnenen Resultate zu folgenden Schlüssen:

„Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß die meisten Kadaver der an Milzbrand gefallenen Tiere, welche im Sommer mäßig tief eingescharrt werden oder längere Zeit auf dem Felde, im Stalle, in Abdeckereien liegen, ebenso die blut- und bazillenhaltigen Abgänge der kranken Tiere im feuchten Boden oder im Stalldünger mindestens ebenso günstige Bedingungen für die Sporenbildung des *Bacillus Anthracis* bieten, als es in den geschilderten Versuchsreihen der Fall ist. Durch diese Experimente würde also der Beweis geliefert sein, daß nicht bloß durch künstliche Züchtung im Ausnahmefalle die Sporen des *Bacillus Anthracis* entstehen, sondern daß dieser Parasit in jedem Sommer im Boden, dessen Feuchtigkeit das Austrocknen der den Höhlungen des noch lebenden oder schon abgestorbenen milzbrandigen Tieres entströmenden Nährflüssigkeit verhindert, seine Keime in unzählbarer Menge ablagert.“

In den letzten Sätzen glaube ich es deutlich genug ausgesprochen zu haben, daß ich niemals eine Sporenbildung im Innern des Kadavers angenommen, sondern mir nur dieselbe als in den blutigen Abgängen des kranken oder verendeten Tieres und höchstens noch in den der Luft zugänglichen Körperöffnungen vor sich gehend vorgestellt habe. Um über diesen Punkt, auf den ich ein besonderes Gewicht legen muß, gar keinen Zweifel zu lassen, zitiere ich noch folgende Stelle aus meiner Arbeit über die Milzbrandätiologie.

„Im nicht geöffneten Körper eines an Milzbrand gestorbenen Tieres verlängern sich die Bazillen, auch wenn der Kadaver längere Zeit bei einer Temperatur von 18—20° gelassen wird, nur sehr wenig oder gar nicht; offenbar weil der Sauerstoff des Blutes nach dem Tode schnell durch Oxydationsprozesse verbraucht und nicht wieder ersetzt wird.“

In ihren allgemeinen Umrissen war die Milzbrandätiologie durch meine Untersuchungen festgestellt und es blieb nur noch übrig, einige Lücken innerhalb derselben auszufüllen. Als diejenigen Fragen, welche hauptsächlich noch zu beantworten waren, habe ich damals folgende bezeichnet:

Können sich die Milzbrandsporen schon im lebenden Körper bilden?

Auf welchen Wegen dringen die Milzbrandsporen resp. die aus ihnen hervorgegangenen Bazillen, abgesehen von den schon bekannten, durch Verletzungen der Haut und Schleimhäute, in den tierischen Körper? Sind es vorwiegend die Respirationsorgane oder sind es die Verdauungsorgane, welche dem Parasiten den Eintritt in die Gewebe und die Blutbahn gestatten?

Wie verhalten sich die Milzbrandbazillen bezüglich der Sporenbildung, wenn Tierkadaver in verschiedenen Bodentiefen, in verschiedenen Bodenarten sich befinden? und wie verhält sich in Hinsicht auf die Verschiedenheit des Bodens ein trockner oder feuchter, wie Ton-, Kalk-, Sandboden?

Welche Einflüsse haben zerstörende oder entwicklungshindernde Stoffe auf die Milzbrandsporen?

Im allgemeinen scheinen mir diese eben aufgestellten Fragen auch jetzt noch bei dem weiteren Ausbau der Milzbrandätiologie in den Vordergrund gestellt werden zu müssen. Doch habe ich auf Grund späterer eigener Erfahrungen und der fortgesetzten eingehenderen Beschäftigung mit der Milzbrandliteratur noch eine Aufgabe hinzuzufügen, deren Lösung von der höchsten Bedeutung für die den Milzbrand betreffenden praktischen

Fragen ist. Es handelt sich nämlich darum, zu erfahren, ob die Milzbrandbazillen in ähnlicher Weise wie diejenigen Bakterien, welche die Ursachen der künstlichen sowohl als natürlichen Wundinfektionskrankheiten bilden, z. B. die Erysipelas-Mikrokokken oder die Bazillen der Mäusesepticämie, für gewöhnlich außerhalb des tierischen Körpers ihren Entwicklungsgang durchmachen und nur, wenn sich ihnen gerade die Gelegenheit bietet, durch Verletzungen der Oberhaut oder von den Respirations- und Verdauungsorganen her in den tierischen Organismus zu gelangen, auf diesem ihnen überaus günstigen Nährboden sich in der bekannten Weise vermehren und damit Krankheit oder den Tod ihres Wirtes herbeiführen. Die Milzbrandbazillen würden in diesem Falle also nicht stets, sondern nur zeitweilig ein parasitisches Leben im Tierkörper führen. Über die Tragweite, welche eine im bejahenden Sinne ausfallende Beantwortung dieser Frage haben muß, brauche ich mich wohl nicht des weiteren zu ergehen. Dieselbe ist so wichtig, daß ich sie für die Zukunft an die Spitze aller weiteren Milzbrandforschung setzen möchte.

Seit der Veröffentlichung meiner Arbeit über die Milzbrandätiologie sind eine Menge von Untersuchungen über denselben Gegenstand angestellt, welche mehr oder weniger die soeben als noch vorhandene Lücken bezeichneten Punkte zum Gegenstand gehabt haben. Daß durch dieselben auch nur einer derselben eine wesentliche Förderung erfahren hätte, muß ich leider verneinen. Im Gegenteil ist in der letzten Zeit die Milzbrandforschung auf Wege geraten, welche zu den erheblichsten Irrtümern führen mußten. Es ist nun nicht meine Absicht, eine umfassende Besprechung aller derjenigen Publikationen zu geben, die sich mit der Milzbrandätiologie beschäftigen. Nur zwei Forscher haben auf diesem Gebiete Arbeiten geliefert, welche allgemeine Beachtung gefunden haben, es sind Pasteur und Buchner. Die Resultate, zu denen dieselben gekommen sind, würden, wenn sie richtig wären, der von mir aufgestellten Milzbrandätiologie eine ganz andere Physiognomie erteilen, und es blieb mir deswegen nichts übrig, als dieselben mit meinen Erfahrungen zu vergleichen und zu prüfen, auf welcher Seite die Wahrheit zu suchen ist.

Ehe ich jedoch an die Besprechung der Pasteurschen und Buchnerschen Arbeiten gehe, muß ich eine Angelegenheit erörtern, welche sowohl diese betrifft, als auch über die Angaben anderer Forscher vielfache Aufklärung verschafft.

Es hat sich nämlich herausgestellt, daß es noch andere Infektionskrankheiten gibt, welche die größte Ähnlichkeit mit Milzbrand haben und mit diesem leicht verwechselt werden können. Von einer solchen, durch einen dem Milzbrandbazillus sehr ähnlichen Bazillus bedingten Infektionskrankheit kann ich dies jetzt schon mit Bestimmtheit behaupten. Höchstwahrscheinlich gibt es aber noch andere Arten von pathogenen Bazillen, die den Milzbrandbazillen in bezug auf ihre Länge und Breite einigermaßen gleichen und auch dem Milzbrand ähnliche Krankheitsprozesse zu erzeugen vermögen. Daß es eine solche Gruppe von untereinander leicht zu verwechselnden Krankheiten gibt, die deswegen um so vorsichtiger zu beurteilen und um so strenger auseinanderzuhalten sind, lehrt das Beispiel vom Milzbrand und Rauschbrand, welche beiden Krankheiten bis vor ganz kurzer Zeit noch für zusammengehörig gehalten wurden. Beide sind Bazillenkrankheiten, nur sind bei der einen die Bazillen etwas kürzer und dicker, bleiben auf lokale Ansammlungen beschränkt und produzieren innerhalb der Gewebe Gase; im übrigen nähern sich der Krankheitsverlauf und die Symptome des Rauschbrandes dem vom Milzbrand bekannten Verhältnissen so weit, daß noch heutzutage in der tierärztlichen Praxis Rauschbrand und Milzbrand vielfach zusammengeworfen werden. Auch die menschliche Pathologie liefert für die von mir aufgestellte Behauptung Beweismaterial. H u b e r <sup>1)</sup> gelang es, bei der Wurzener Massenerkrankung, welche in die Kategorie der sog. Fleischvergiftungen gehörte, ebenfalls Bazillen nachzuweisen, die allerdings nicht

<sup>1)</sup> Deutsches Archiv für klinische Medizin, Bd. XXV, p. 240.

mit Rücksicht auf ihre morphologischen Kennzeichen, sondern wegen des eigentümlichen, bei der genannten Epidemie sich kundgebenden Krankheitscharakters, der nicht demjenigen des Milzbrandes beim Menschen entsprach, für nicht identisch mit Milzbrandbazillen gehalten wurden. Auch der von E b e r t h <sup>1)</sup> berichtete Befund von Bazillen, die einen geringeren Länge- und Breitedurchmesser wie die Milzbrandbazillen hatten und in der Umgebung von Leberabszessen eines Dachses sich befanden, gehört hierher. Das sind freilich sämtlich Krankheitsprozesse, die voraussichtlich zu Verwechslungen mit dem experimentell erzeugten Milzbrand keine Veranlassung geben. Aber auch bei den Versuchen über künstliche Infektion von Tieren mit in Zersetzung begriffenen Flüssigkeiten und anderen Substanzen, welche Keime von Mikroorganismen enthalten, treffen wir sehr häufig auf eine durch pathogene Bazillen bedingte Krankheit. Dieselbe ist von S e m m e r, P a s t e u r und anderen erwähnt und beschrieben, aber, wie ich annehmen muß, selten in ihrer reinen Form beobachtet. P a s t e u r schildert dieselbe folgendermaßen<sup>2)</sup>. Die Muskeln am Bauch und diejenigen der Extremitäten eines an dieser Krankheit gestorbenen Tieres sollen sich im Zustande der lebhaftesten Entzündung befinden. An verschiedenen Stellen, besonders in der Achselgegend, bilden sich Ansammlungen von stinkendem Gas; Leber und Lunge sind entfärbt, die Milz nicht vergrößert, aber oft erweicht; im Herzen kein Blutgerinnsel. Die Bazillen schildert P a s t e u r als Fäden von einer solchen Durchsichtigkeit, daß sie der Beobachtung leicht entgehen, und im Blute will er sie gewöhnlich von einer ganz beträchtlichen Länge gefunden haben.

Diese ganze Beschreibung beweist, daß P a s t e u r die in Frage stehende Infektionskrankheit niemals in unkomplizierter Gestalt vor Augen gehabt hat. Wenn einem Tiere eine größere Menge Faulflüssigkeit oder andere Substanzen, welche diese Krankheit hervorzubringen imstande sind, einverleibt wird, dann entsteht allerdings ein dem von P a s t e u r entworfenen ähnliches Bild. Das subkutane Gewebe und die oberflächliche Muskulatur sind in weiter Umgebung der Injektionsstelle von einer schmutzigrot gefärbten, jauchigen Flüssigkeit durchtränkt; die Muskeln nehmen infolgedessen eine eigentümliche Färbung an, welche P a s t e u r dazu verleitete, dieselbe als in einem Zustand der lebhaftesten Entzündung befindlich zu beschreiben. Mehr oder weniger findet sich in allen Geweben, die von Jauche durchtränkt sind, auch Gasentwicklung. Die Jauche selbst enthält verschiedene Bakterien, Mikrokokken, kurze und lange, bewegliche und unbewegliche Bazillen. Die Milz ist gewöhnlich klein; im Blute finden sich verhältnismäßig sehr wenige und ebenfalls differente Bakterienformen. Der ganze Zustand ist ein höchst kompliziertes Gemisch, zusammengesetzt aus den Resultaten der Wirkung verschiedener pathogener Mikroorganismen und der infolge von Resorption fauliger, septischer gelöster Substanzen eintretenden Intoxikation. Wird nun in der von P a s t e u r befolgten Art und Weise, von welcher C o l i n eine vielleicht etwas zu drastische Schilderung gegeben hat, ein Übertragungsversuch von einem solchen Tiere auf ein anderes gemacht und einige oder auch nur eine Spritze voll der bakterienreichen Jaucheflüssigkeit des subkutanen Gewebes dem Versuchstier subkutan appliziert, dann entsteht wieder genau derselbe Prozeß, d. h. ein Gemisch von Infektion und Intoxikation. Aber ganz anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn die Weiterinfektion mit so geringen Mengen des Impfmateri- als bewerkstelligt wird, daß die primäre Intoxikation, welche durch die in der injizierten Flüssigkeit enthaltenen giftigen Stoffe bedingt wird, ausgeschlossen bleibt und auch nicht, wie es bei der spritzenweisen Applikation der Infektionsflüssigkeit sich ereignen muß, im lockeren subkutanen Gewebe eine größere abgeschlossene und dem Einfluß des umgebenden lebenden Gewebes wenig und nur langsam zugängliche Flüssigkeitsmenge

<sup>1)</sup> Virchows Archiv, Bd. 77.

<sup>2)</sup> Bulletin de l'Acad., 1877, p. 793.

deponiert wird, in der sich neben den pathogenen Bakterien in reichlichster Menge noch verschiedene andere nicht unmittelbar pathogene, aber durch Produktion toxisch wirkender septischer Stoffe zum Tode des Versuchstieres beitragende Bakterien entwickeln und gewissermaßen also zu einer sekundären septischen Intoxikation Veranlassung geben. Wenn, wie gesagt, diese Komplikationen ausgeschlossen werden und nur sehr geringe Mengen der Infektionsflüssigkeit in das subkutane Gewebe des Versuchstieres gebracht werden, dann ergibt das Experiment ein wesentlich anderes Resultat. Die Flüssigkeit, welche, von der Impfstelle ausgehend, mehr oder weniger weit das subkutane Gewebe erfüllt, ist nicht mehr von jauchiger Beschaffenheit, sie besteht vielmehr aus einem schwach rötlich gefärbten Serum ohne Gestank und ohne Gasentwicklung und enthält nur eine bestimmte Form von Bazillen, welche sich als in Größe und Form den Milzbrandbazillen fast gleiche Stäbchen präsentieren und ohne Hilfe der feineren Präparations- und Färbungsmethoden von diesen nicht mit Sicherheit zu unterscheiden sind. Gewöhnlich sind sie unbeweglich und nur hin und wieder gewahrt man an dem einen oder anderen Stäbchen eine wackelnde, im Beginn der Beobachtung selten einmal eine langsam schlängelnde Bewegung. Die inneren Organe der an dieser Infektionskrankheit gestorbenen Tiere bieten wenig Veränderungen. Die Milz ist meistens vergrößert und dunkler gefärbt, die Lunge hat ein blaß graurotes Kolorit. Im Blute finden sich die Bazillen in verschiedenem Maße, bald scheinen sie ganz zu fehlen, bald sind sie reichlicher vorhanden. Wenn das Blut sofort nach dem Tode untersucht wird, haben die Bazillen keine größere Länge als die Milzbrandbazillen, und die Angabe von Pasteur, daß sie im Blute außergewöhnlich lang seien, trifft nur dann zu, wenn die Sektion längere Zeit nach dem Tode gemacht wird. Wenn die Bazillen im Blute auch nicht immer mit Sicherheit anzutreffen sind, so fehlen sie doch niemals an der Oberfläche der Organe in der Brust- und Bauchhöhle, auf und in deren serösem Überzuge sie in dichten Massen abgelagert sind. Bei Mäusen gestalten sich die Verhältnisse fast durchweg so, daß eine makroskopische Unterscheidung von Milzbrand gar nicht und die mikroskopische nur nach Anwendung der Färbungsmethoden zu ermöglichen ist. Der seröse Erguß in das subkutane Gewebe ist bei diesen Tieren sehr gering, die Milz ist fast immer ebenso stark vergrößert, dunkelgefärbt und erweicht wie beim Milzbrand und, was die Verwechslung mit Milzbrand für den Nichtkenner dieser Bazillen geradezu unvermeidlich macht, es befinden sich die Bazillen nicht vorwiegend in den serösen Häuten der Organe, sondern in großer Menge in den Organen und ihren Blutgefäßen selbst. Ein Stückchen Lunge oder Milz, welches einer solchen Maus entnommen und untersucht wird, enthält zahlreiche, glatte, unbewegliche Stäbchen, ebenso wie bei Milzbrand. Selbst in der Lunge einer Maus, welche, als die ersten Krankheitssymptome nach der Impfung sich bei ihr zu erkennen gaben, getötet und sofort untersucht wurde, fanden sich schon zahlreiche Bazillen in der Lunge und, wie ich gleich hier erwähnen will, ein sehr kleines Stückchen dieser Lunge unter die Rückenhaut einer gesunden Maus gebracht, tötete diese im Laufe eines Tages unter den schon bekannten Symptomen, namentlich dem reichlichen Vorhandensein von Bazillen in der Lunge und in der stark vergrößerten Milz.

Wenn auch bei Mäusen die Bazillen im Blute fast ebenso reichlich auftreten als im subkutanen Gewebe, so ist doch bei anderen Tieren dieser letztere Ort der eigentliche Sitz der Bazillenwucherung. Es ist deswegen auch nicht ganz zutreffend, diese Art von Infektionskrankheit unter den Begriff der Septicämie mit unterzubringen, wie es Semmer und andere getan haben. Als eine passende Bezeichnung für dieselbe möchte ich diejenige als „malignes Ödem“ in Vorschlag bringen.

Ogleich das maligne Ödem in vieler Beziehung dem Milzbrand gleicht, so besitzt dasselbe doch andererseits so untrügliche Kennzeichen, daß bei einer sorgfältigen Unter-

suchung beide Krankheiten mit Sicherheit auseinanderzuhalten sind. Die hauptsächlichsten Unterschiede sind folgende:

In der Leiche eines an Milzbrand gestorbenen Tieres werden die Bazillen in den Organen der Brust- und Bauchhöhle nur im Innern der Blutgefäße oder, wenn es zu einer Berstung der letzteren gekommen ist, in den unmittelbar darangrenzenden Geweben angetroffen. Die Bazillen des malignen Ödems befinden sich dagegen vorwiegend in und auf dem serösen Überzug der Organe. Werden letztere frisch untersucht, dann ist es kaum möglich, sich über die Lagerung der Bazillen eine sichere Auskunft zu verschaffen. Nur Schnitte von gehärteten Präparaten können Gewißheit darüber geben. Ausschlaggebend kann dieses Merkmal für sich allein nicht sein, weil bisweilen, und zwar bei Mäusen in der Regel, die Bazillen des malignen Ödems auch im Innern der Blutgefäße in großer Menge vorkommen.

Ein zweites, aber ebenso wie das vorhergehende nicht durchweg gültiges Kennzeichen ist die Verschiedenheit in der Impfbarkeit der beiden Bazillenarten. Die Milzbrandbazillen töten Mäuse und Meerschweinchen fast unfehlbar, wenn sie selbst in die kleinste Hautwunde gebracht werden. Die Ödembazillen müssen, wenigstens bei Meerschweinchen, in das subkutane Gewebe gebracht werden und es muß, wenn die Impfung sicher sein soll, das Corium völlig durchtrennt werden; geschieht dies, dann wirken auch sehr kleine Impfmengen meistens tödlich. Bei Mäusen habe ich dasselbe Verhalten beobachtet. Nur ist es für gewöhnlich außer am Ohr nicht möglich, die dünne Haut einer Maus so zu verletzen, daß das subkutane Gewebe nicht bloßgelegt würde. Deswegen sterben Mäuse fast regelmäßig, auch wenn die Impfwunde möglichst klein angelegt wird. Nur am Ohr gelingt es, einer Maus eine so kleine Verletzung beizubringen, daß die darauf folgende Impfung dieser Wunde mit Ödembazillen von dem Tiere überstanden wird. Sobald allerdings die Wunde mehr nach der Basis des Ohres verlegt wird, wo sie in das Zellgewebe hineintritt, dann wirkt die Impfung meistens wieder tödlich. Die Impfung am Ohr von Mäusen, wenn sie an der Spitze oder bis zur Mitte des Ohres ausgeführt wird, kann ein ziemlich sicheres Unterscheidungsmittel zwischen Milzbrand und malignem Ödem abgeben. Nach einer derartigen Impfung mit Milzbrandbazillen stirbt das Tier, nach der mit Ödembazillen bleibt es am Leben. Mit welcher Sicherheit übrigens das maligne Ödem von einer Maus zur anderen sich verimpfen läßt, mag daraus entnommen werden, daß es mir gelungen ist, in einer ununterbrochenen Reihe die Krankheit durch fünfzehn Generationen von Tier zu Tier durch Überimpfungen kleiner Stückchen Lunge oder Blutgerinnsel aus dem Herzen zu übertragen. Am sichersten gelingt die Infektion mit Ödembazillen, wenn das Verfahren, welches von Buchner für die Impfung mit vermeintlich aus Heubazillen herangezüchteten Milzbrandbazillen angegeben ist, zur Anwendung kommt, wenn nämlich der Maus ein Leinwandbändchen mit Ödembazillen unter die Rückenhaut gebracht wird.

Ein sehr unsicheres Kennzeichen zur Unterscheidung zwischen Milzbrand- und Ödembazillen ist die Beweglichkeit der letzteren. Ich habe dieselbe sehr oft gänzlich vermißt, und wenn auch unter vielen unbeweglichen einige sich schlängelnde Bazillen gefunden werden, so folgt daraus immer noch nicht, daß auch die unbeweglichen sämtlich Ödembazillen sind; denn es können, wie ich mich bestimmt überzeugt habe, Kombinationen von Milzbrand und malignem Ödem bei einem Tiere vorkommen.

Das einzig sichere und ausschlaggebende Merkmal der beiden Bazillenarten ist ihre Formverschiedenheit. Die Milzbrandbazillen sind um ein Geringes breiter wie die Ödembazillen und zeichnen sich vor diesen durch die ganz eigentümliche Gliederung aus, auf die ich schon mehrfach als ein sicheres diagnostisches Kennzeichen hingewiesen habe<sup>1)</sup>. Um indessen kein Mißverständnis aufkommen zu lassen, beziehe ich mich bei dieser

<sup>1)</sup> cf. F. Cohns Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Bd. II, Heft 3, p. 429. (Diese Werke p. 47. D. Herausgeber.)

Gelegenheit auf das, was ich in der Arbeit über die Untersuchungsmethoden (s. diese Werke p. 116) bezüglich der Zulässigkeit eines Vergleiches von Deckglaspräparaten mit Schnittpräparaten gesagt habe. In ihrer vollen Schärfe treten die charakteristischen Formen der Milzbrandbazillen nur an Deckglaspräparaten hervor, die mit Anilinbraun gefärbt sind. Also können die Unterschiede zwischen Ödem- und Milzbrandbazillen auch nur an solchen in gleichmäßiger Weise hergestellten und mit demselben Farbstoff gefärbten Präparaten oder Photogrammen, die nach denselben angefertigt sind, studiert werden. Auf Tafel XVI des zweiten Bandes der Beiträge zur Biologie der Pflanzen \*) habe ich in Nummer 5 ein wohl gelungenes Photogramm der Milzbrandbazillen gegeben, auf welches ich diejenigen, welche sich für die Sache eingehender interessieren und Vergleiche zwischen den auf Tafel VIII, Photogramme Nr. 43, 44, 45 dieser Veröffentlichungen (diese Werke Tafel XIII) dargestellten Ödembazillen und Milzbrandbazillen anstellen wollen, verweisen muß. Übrigens lassen auch die nach Schnittpräparaten hergestellten Photogramme der Milzbrandbazillen (Taf. V [diese Werke Tafel X] Phot. Nr. 26 und 27) hinreichend ihren wesentlich von demjenigen des auf Taf. VIII (diese Werke Tafel XIII) Phot. Nr. 46 zu findenden Ödembazillus verschiedenen Typus erkennen. Außerdem habe ich den Abbildungen noch einige andere Bazillenbilder beigegefügt, welche ungefähr eine Vorstellung von der Mannigfaltigkeit in den Formen der Bazillenarten geben können (Taf. XIII [diese Werke Tafel XVIII], Phot. Nr. 73, 74 und 75).

Die Ödembazillen resp. ihre Sporen sind anscheinend weit verbreitet und finden sich vorzugsweise nebst anderen Bazillenarten in den oberen Kulturschichten des Erdbodens, außerdem aber auch in den verschiedensten in Zersetzung begriffenen Flüssigkeiten, beispielsweise im faulenden Blut. Auch durch Verimpfung von Staub, der von Heu abgeklopft war, ist es mir gelungen, bei Mäusen das maligne Ödem mit seinen charakteristischen Bazillen zu erhalten. Hiernach liegt es wohl auf der Hand, daß alles Experimentieren mit Milzbrand, sobald Substanzen mit in Frage kommen, welche die Ödembazillen enthalten können, unter dem Verdacht stehen muß, daß Verwechslungen zwischen Milzbrand- und Ödembazillen vorgekommen sein könnten. Von jedem Experimentator, der Milzbrandbazillen in nichtsterilisiertem Blute züchtet oder der mit angeblich milzbrandsporenhaltiger Erde Infektionsversuche an Tieren, ganz besonders an den für das maligne Ödem höchst empfänglichen Meerschweinchen, macht, ist der strikte Nachweis zu verlangen, daß er sich keine Verwechslungen zwischen Milzbrand und malignem Ödem hat zuschulden kommen lassen. Wie ich gezeigt habe, ist eine zuverlässige Unterscheidung aber nur unter Berücksichtigung der Formunterschiede der beiden Bazillenarten möglich. Wer nun, wie Buchner dies tut, die morphologischen Unterschiede der Bakterien und insbesondere der Bazillen so wenig anerkennt, daß er Milzbrandbazillen und Heubazillen für morphologisch übereinstimmend erklärt<sup>1)</sup>, der begibt sich von vornherein der sicheren Grundlage für seine Milzbranduntersuchungen. Auch derjenige, welcher solche Formunterschiede wohl anerkennt, aber wegen Unkenntnis der feineren zur Feststellung dieser Unterschiede erforderlichen Untersuchungsmethoden dieselben nicht aufzufinden vermag, gewährt nicht die Garantie, daß seine Untersuchungen von Irrtümern frei sind. Diesen letzteren Vorwurf muß ich Pasteur machen. Derselbe sagt, daß die Ödembazillen, von ihm *Vibrions septiques* genannt, die zu den größten und am leichtesten zu unterscheidenden Bakterien neben den Milzbrandbazillen gehören und selbst dem Anfänger im Mikroskopieren kaum Schwierigkeiten bereiten dürften, so durchsichtig seien, daß sie leicht der Beobachtung entgehen könnten. Wer, wie Pasteur

<sup>1)</sup> Buchner, Erzeugung des Milzbrandkontagiums, p. 369, Sep.-Abdr.

\*) Diese Werke Tafel I. D. Herausgeber.

nach diesem Ausspruch, nicht einmal sicher im Nachweis so großer Bakterien ist, der ist noch weit davon entfernt, die feineren, nur mit Hilfe der Färbungsmethoden nachweisbaren Formunterschiede zwischen differenten Bazillenarten aufzufinden und auseinanderzuhalten<sup>1)</sup>. Den Verwechslungen zwischen Ödembazillen und Milzbrandbazillen begegnet man in der Milzbrandliteratur sehr häufig. Hierfür nur noch einige Beispiele.

Von R a v i t s c h <sup>2)</sup> wurden Versuche mit Einspritzungen von Blut, welches schon bakterienhaltig, aber ohne fauligen Geruch war, bei Schafen gemacht und damit in mehreren Fällen bei diesen Tieren eine dem Milzbrand im höchsten Grade ähnliche Affektion erzielt. Der Tod trat nach ein bis zwei Tagen ein. An der Einspritzungsstelle fand sich in einem Falle „ein ausgebreitetes, diffuses, blutig-seröses Infiltrat des Unterhautbindegewebes, in welchem sich eine Unzahl bewegungsfreier Stäbchen und kleiner Bakterien befanden“. Im Herzen, in der erweichten Milz, in den Mesenterialdrüsen „eine Menge unbeweglicher Stäbchen (Bakteriden)“. In einem zweiten Falle waren im dickflüssigen ungeronnenen Blute des Kadavers eine erhebliche Menge unbeweglicher Stäbchen vorhanden und R a v i t s c h sagt: „Wer hätte nun an diesem Kadaver nicht das vollständige Bild des sogenannten Milzbrandes erblickt? und doch fiel dieses Tier infolge des unter die Haut eingespritzten Blutes eines von putriden Infektion gefallenen Schafes.“ Wenn R a v i t s c h nach solchen Resultaten zu der Überzeugung kam, daß der Milzbrand überhaupt keine spezifische Krankheit sei, so ist das ganz natürlich. Man kannte damals das maligne Ödem und die feineren Formunterschiede der Bazillen noch nicht und jedes glatte, unbewegliche Stäbchen, welches in den Größenverhältnissen den Milzbrandbazillen nahe kam, wurde mit diesen für identisch gehalten. Ich muß gestehen, daß mir das Resultat der R a v i t s c h s c h e n Versuche lange Zeit unerklärlich gewesen ist, daß es mir aber auch, je mehr ich die Unterschiede der Bazillenarten kennen lernte (noch lange vor Veröffentlichung der B u c h n e r s c h e n Arbeit), allmählich die Überzeugung aufdrängte, daß es noch andere milzbrandähnliche Bazillen geben müsse, die in Faulflüssigkeiten nicht selten vorkommen und imstande sind, gelegentlich eine pathogene Rolle zu spielen. Seitdem das maligne Ödem mit seinen charakteristischen Symptomen bekannt geworden ist, sind alle Zweifel geschwunden. Man erkennt sofort, namentlich in dem ersten der beiden zitierten R a v i t s c h s c h e n Fälle, das maligne Ödem wieder.

Etwas anders liegen die Verhältnisse bei einigen Beobachtungen, die von L u s t i g <sup>3)</sup> gesammelt und unter dem Titel: „Bakteriämie der Pferde“ veröffentlicht sind. Von den fünf Fällen, über welche L u s t i g berichtet, ist der zweite höchstwahrscheinlich eine gewöhnliche Milzbrandaffektion, welche von Verletzungen an den Vorderschenkeln ausgegangen war. Der dritte Fall scheint Mastdarmmilzbrand gewesen zu sein. Leider sind in diesen beiden Fällen keine Impfversuche gemacht. Von den drei übrigen beziehen sich zwei auf Tiere, welche an Krankheiten der Respirationsorgane dyspnoisch gestorben sind. Bei diesen fanden sich im Leberblute viele glatte Stäbchenbakterien, die, wie ich vermute, in die Kategorie der bei erstickten Tieren ganz regelmäßig einige Zeit nach dem Tode zu findenden Bazillen gehören. Mit letzteren kann, wie die Versuche von G a f f k y <sup>4)</sup> beweisen, durch subkutane Injektion derselben das maligne Ödem hervorgerufen werden. Die von L u s t i g beschriebenen Bazillen sind also wahrscheinlich

<sup>1)</sup> Daß ich mit obigen Worten die Leistungen P a s t e u r s, soweit sie die Mikroskopie angehen, nicht ungerecht beurteile, beweisen seine neuesten Untersuchungen über die Hundswut und die Schilderung der von ihm dabei gefundenen pathogenen Bakterien.

<sup>2)</sup> Zur Lehre von der putriden Infektion und deren Beziehung zum sogenannten Milzbrande, 1872.

<sup>3)</sup> Zwölfter Jahresbericht der Tierarzneischule zu Hannover, p. 54.

<sup>4)</sup> G a f f k y, Mitteilungen aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte, 1881, Bd. I, p. 92. D. Herausg.

mit den Ödembazillen zu identifizieren. Auf jeden Fall handelt es sich dabei, wie auch die schon im Lebergewebe und im Blute vorhandene Gasentwicklung zeigt, um post-mortale Veränderungen und es liegt kein Grund vor, aus solchen Befunden eine neue Krankheit mit dem Titel „Bakteriämie“ zu machen.

Mit den schon eben erwähnten Bazillen im Blute erstickter Tiere hat sich L e w i s <sup>1)</sup> eingehend beschäftigt und er will an der Hand seiner Beobachtungen beweisen, daß diese Bazillen sich in nichts von den Milzbrandbazillen unterscheiden. Die von Gaffky wiederholten Lewisschen Versuche haben indessen mit aller Bestimmtheit ergeben, daß die fraglichen Bazillen die Ödembazillen sind und sowohl in bezug auf ihre Form, als auch auf ihre Wirkung von den Milzbrandbazillen abweichen.

Diese Beispiele beweisen zur Genüge, daß ohne eine gründliche Kenntnis der Ödembazillen und ohne daß fortwährend darauf Bedacht genommen wird, Verwechslungen der Milzbrandbazillen mit diesen und noch anderen möglicherweise existierenden pathogenen Bazillen, welche den Milzbrandbazillen ähnlich sein könnten, zu vermeiden, eine von Irrtümern freie experimentelle Bearbeitung des Milzbrandes gar nicht möglich ist.

Nachdem diese mehr oder weniger in den meisten bisherigen Milzbrandarbeiten eine Rolle spielende Fehlerquelle erörtert ist, komme ich zur Besprechung der Pasteurschen Untersuchungen insbesondere.

P a s t e u r hat sich in den Mitteilungen über seine Milzbrandforschungen auf einen ganz eigenartigen Standpunkt gestellt. Er kennt und zitiert noch in seinen ersten Publikationen die Arbeiten von D a v a i n e, die von B r a u e l l, sowie die meinigen, welche sämtlich in eine Zeit fallen, als P a s t e u r an Milzbranduntersuchungen noch gar nicht dachte. Gleichwohl spricht er später so, als ob über die Milzbrandätiologie noch nichts bekannt sei, und sendet Dinge, die schon längst als bewiesen und abgemacht anzusehen sind, als neue Entdeckungen in die Welt. Schon Pasteurs erste Arbeit über Milzbrand, welche den Nachweis führen sollte, daß die Milzbrandbazillen die eigentliche Ursache der Krankheit bilden, trägt diesen Charakter. B r a u e l l <sup>2)</sup> hatte bereits im Jahre 1858 gefunden, daß das Blut vom Fötus eines an Milzbrand gestorbenen Tieres keine Bazillen enthält und auch, wenn es verimpft wird, nicht imstande ist, Milzbrand zu erzeugen. Die Brauellschen Versuche sind später verschiedentlich wiederholt, seine Angaben jedesmal bestätigt und das Resultat dieses Experimentes als ein Beweis dafür angesehen, daß, weil der einzige Unterschied zwischen dem mütterlichen und dem fötalen Blut das Vorhandensein der Bazillen im ersteren und das Fehlen derselben im letzteren war, die Virulenz des mütterlichen Blutes nur durch die Bazillen bedingt sein könne. Dann zeigte D a v a i n e, daß das Milzbrandblut bei millionenfacher Verdünnung seine Virulenz noch nicht einbüßt, diese letztere also nicht an ein in Lösung befindliches Gift oder Ferment gebunden sein kann, da es aller Erfahrung widerspricht, daß ungeformte Stoffe in dieser Verdünnung noch krankheitserregend wirken. Ferner haben T i e g e l und K l e b s <sup>3)</sup> festgestellt, daß, wenn Milzbrandblut durch Tonzellen mit Hilfe der Luftpumpe filtriert wird, das Filtrat, welches keine Bazillen mehr enthält, ohne Schaden für das Versuchstier verimpft werden kann, während der bazillenhaltige Rückstand die geimpften Tiere durch Milzbrand tötet. Diesen Resultaten konnte allerdings immer noch entgegengehalten werden, daß, um das Milzbrandblut virulent zu machen, die Bazillen zwar vorhanden sein müßten, daß aber nicht diese selbst, sondern ein ihnen anhaftender besonderer Stoff die Infektion bewirke. Im Grunde genommen, und namentlich für alle praktischen Verhältnisse, hat dieser Einwand gar keine Bedeutung; um ihn aber auf das denkbar geringste Maß zurück-

<sup>1)</sup> *The microphytes which have been found in the blood.* (Sep.-Abdr.)

<sup>2)</sup> Virchows Archiv, Bd. XIV.

<sup>3)</sup> Arbeiten aus dem Berner pathologischen Institut, 1873.

zuführen, habe ich den durch vielfache Experimente gesicherten Nachweis gebracht, daß Milzbrandblut, mag es sich nun in einer beliebigen Form befinden, z. B. trocken, feucht, verdünnt, faulend, kurze Zeit oder jahrelang aufbewahrt, immer nur dann virulente Eigenschaften besitzt, wenn es entwicklungsfähige, d. h. noch lebende Milzbrandbazillen oder deren Sporen einschließt und daß also unter keinen Umständen die Milzbrandkrankheit ohne lebensfähige Milzbrandbazillen oder deren Sporen entstehen oder verlaufen kann. Ein zutreffenderer Beweis dafür, daß die Milzbrandbazillen der wahre und einzige Infektionsstoff der Milzbrandkrankheit sind, kann meines Erachtens nicht geliefert werden; denn was von den Gegnern der Lehre vom *Contagium animatum* verlangt wird, daß nämlich die Bazillen ganz befreit von der anhängenden, möglicherweise einen gelösten Krankheitsstoff enthaltenden Substanz zur Impfung genommen werden sollen, ist rein unmöglich, weil die Bazillen dann auch von dem etwa durch Diffusion in ihr Inneres gelangten Krankheitsstoff noch getrennt werden müßten, ein Unternehmen, an das wohl niemand im Ernste denkt. Trotzdem nun also die Frage, ob Bazillen und Krankheitsstoff eins sind, so weit als möglich gelöst und eigentlich als abgetan zu betrachten war, tritt plötzlich Pasteur auf, filtriert von neuem Milzbrandblut durch Tonzellen und impft mit dem Filtrat oder dem Rückstand mit demselben Erfolg wie vor ihm Klebs, macht ferner einige fortlaufende Kulturen mit Milzbrandbazillen im neutralisierten Urin, wodurch auch nichts weiter bewiesen wird, als was Davaine schon mit seinen weit getriebenen Verdünnungen des Milzbrandblutes getan hatte, und spricht sich darüber so aus, als hätte er mit diesen beiden Versuchen die ganze Frage überhaupt erst auf die Tagesordnung gebracht, aber auch gleichzeitig vollständig gelöst. Und doch war weder das eine noch das andere der Fall; die Frage war schon, wie gesagt, längst entschieden und alle, die überhaupt für Beweise zugänglich sind, waren schon von der infektiösen Natur der Milzbrandbazillen überzeugt, während eingefleischte Skeptiker, unter denen Colin, der Gegner Pasteurs, an der Spitze steht, natürlich auch durch die Pasteurschen Experimente nicht eines Besseren belehrt wurden, weil sie eben nur altes Beweismaterial, teilweise unter einer neuen Form bringen.

Einige Zeit nach dieser ersten Mitteilung über Milzbrand brachte Pasteur die wissenschaftliche Welt schon wieder durch seine anscheinend so überraschenden Versuche über Infektion von Hühnern durch Milzbrand in eine gewisse Aufregung. Eine wesentliche Bereicherung der Milzbrandätiologie würde, auch wenn Pasteurs Versuche einwurfsfrei wären, aus denselben nicht resultieren und ich könnte mich schon deswegen über dieselben kurz fassen. Außerdem sind aber auch die Voraussetzungen, von denen Pasteur ausgegangen ist, nicht richtig und das ganze Experiment ist deswegen, wenigstens in der Form, die ihm von Pasteur gegeben wurde, wertlos. Pasteur nahm an, daß sämtliche Vögel gegen Milzbrand immun seien; ferner konnte es nach seiner Ansicht nicht zweifelhaft sein, daß diese Erscheinung durch die hohe Blutwärme der Vögel bedingt sei, und wenn dieses der Entwicklung der Milzbrandbazillen entgegenstehende Hindernis, z. B. durch Abkühlen des Versuchstieres, beseitigt würde, die Immunität aufhören müsse. Einmal ist es aber unrichtig, daß diejenige Wärme, welche das Vogelblut besitzt (42° C) das Wachstum der Bazillen schon aufhebt; Pasteur selbst gibt bei einer späteren Gelegenheit<sup>1)</sup> an, daß dieselben noch zwischen 42—43° üppig wachsen. Dann ist es aber ferner eine falsche Voraussetzung, daß die Vögel gegen Milzbrand immun seien. Sperlinge lassen sich, wie durch Oemler und Huber festgestellt ist, ziemlich leicht mit Milzbrand infizieren; Oemler hat ferner von 28 Enten 9 erfolgreich mit Milzbrand infiziert; unter 38 Tauben gelang ihm die Infektion bei 15, namentlich jungen Tieren; von 31 Hüh-

<sup>1)</sup> Comptes rendus, 1881, Tome XCII, p. 431.

nern, die von ihm geimpft wurden, starben an Milzbrand 11, mithin 35%, und zwar 9 Stück gleich nach der ersten Impfung mit infektiösem Blute, während zwei Tiere erst der wiederholten Impfung erlagen.

Hiernach ist wohl der Satz, daß Vögel gegen Milzbrand immun seien, nicht mehr aufrecht zu erhalten, und da ganz besonders Hühner, an denen Pasteur seine Versuche anstellte, auch ohne Vorbereitung durch Abkühlen für Milzbrand nicht unempfindlich sind, so kann die von Pasteur gegebene Erklärung seines Experimentes unmöglich richtig sein; ganz abgesehen davon, daß in dem Pasteurschen Versuch die Frage, ob das durch Abkühlen angeblich für Milzbrand erst empfänglich gemachte Huhn nicht schon vorher empfänglich war, ganz offen bleiben muß.

In derselben Weise, unbekümmert um die bis dahin über die Milzbrandätiologie schon gewonnenen Resultate, konstruierte Pasteur sich nun eine eigenartige Ätiologie dieser Krankheit. Er nahm an, daß im Boden sich aus den bazillenhaltigen Abgängen der milzbrandkranken Tiere und der Milzbrandkadaver, sowie vorzugsweise im Innern der letzteren die Bazillen Sporen bilden, daß dann die Bazillen selbst oder ihre Sporen unmittelbar oder als Staub auf die Futterstoffe der gesunden Tiere gelangen und diese von Verletzungen der Schleimhaut des Maules, Gaumens und Rachens aus infizieren. Pasteur behauptet, daß der spontane Milzbrand, wie die Drüenschwellungen am Kiefer und Hals beweisen sollen, fast immer von Verletzungen der oberen Digestionswege ausgehe, und machte, um seine Behauptungen zu stützen, folgenden Versuch<sup>1)</sup>. Eine Anzahl Schafe erhielten Futter, welches mit einer Milzbrandsporen enthaltenden Flüssigkeit begossen war. Dadurch wurden einige dieser Tiere milzbrandkrank. Als aber das Futter mit solchen Stoffen gemischt wurde, welche leicht Verletzungen im Maule und Rachen hervorrufen, wie Disteln, Haare der Gerstenähre usw. dann wuchs die Zahl der erkrankten Tiere in bemerkenswerter Weise.

An dieser Pasteurschen Lehre von der Milzbrandätiologie ist nur wenig Neues und dieses Neue beruht auf Irrtümern.

Daß die Sporen sich in den blutigen Ausflüssen der milzbrandigen Tiere und Kadaver bilden müssen, wenn sie auf den Erdboden gelangen und wenn die Bodenfeuchtigkeit das schnelle Eintrocknen verhindert und die zur Sporenbildung erforderliche Wärme vorhanden ist, konnte nach allen Erfahrungen über die Sporenbildung als selbstverständlich angenommen werden und ist von mir, wie aus den eingangs dieser Arbeit zitierten Sätzen hervorgeht, schon zu einer Zeit ausgesprochen, als Pasteur sich überhaupt noch nicht mit Milzbranduntersuchungen beschäftigte. Daß die Sporenbildung auch im Innern des weder obduzierten noch durch anderweitige Eingriffe geöffneten Kadavers vor sich gehen sollte, wie Pasteur annimmt, ist unrichtig. Es steht diese Annahme mit meinen Versuchen über das Wachstum der Bazillen bei Abschluß von Luft und auch mit Pasteurs eigener Lehre, daß die Milzbrandbazillen aërobie Bakterien seien, im Widerspruch. Auch die eigentliche Grundlage der Pasteurschen Theorie, daß nämlich der spontane Milzbrand durch eine Infektion von Verletzungen der Maul- und Rachenschleimhaut aus entstehen soll, ist ganz unhaltbar. Wie groß das tatsächliche Material, welches Pasteur seiner Behauptung zugrunde legte, gewesen ist, konnte ich in keiner seiner Mitteilungen auffinden. Sehr zahlreich ist es gewiß nicht gewesen. Toussaint, welcher sich Pasteurs Ansichten anschließt, konnte sich nur auf zwölf Sektionen von Milzbrandschafen stützen, von denen bei elf die Lymphdrüsen am Unterkiefer und Hals geschwollen und mit Milzbrandbazillen gefüllt gefunden wurden. Es soll nun durchaus nicht bestritten werden, daß die Infektionsstelle bei milzbrandigen Tieren sich unter Umständen im Maule befinden kann. Den

<sup>1)</sup> Gazette méd., 1879, Nr. 10.

Tierärzten war diese Tatsache schon lange bekannt<sup>1)</sup> und Pasteur befindet sich im Irrtum, wenn er meint, daß er diese Beobachtung zuerst gemacht habe. Aber dieser Infektionsmodus scheint sehr selten im Verhältnis zu den von anderen Körperstellen aus zu sein. Pasteur fällt hier in denselben Fehler, wie Davaine, als er nachgewiesen hatte, daß Insekten das Milzbrandgift verschleppen können, und nun glaubte, damit die Entstehung aller Fälle von spontanem Milzbrand erklären zu können. Davaines Irrtum war gewiß noch eher als derjenige Pasteurs zu entschuldigen, weil die Übertragung von Milzbrand im Sommer wahrscheinlich zum großen Teil durch Insekten vermittelt wird, während die von Pasteur in den Vordergrund gestellte Infektion von der Maulhöhle aus nur ausnahmsweise sich ereignen kann. Das erwähnte Pasteursche Experiment mit der Fütterung der Schafe beweist selbst schon zur Genüge, daß eine solche Beschaffenheit des Futters, welche Verletzungen im Maule der Tiere bewirken kann, zur Entstehung von Milzbrand ganz überflüssig ist; denn es wird ausdrücklich berichtet, daß bei dieser Fütterung einige Fälle von Milzbrand, welche dem spontanen Milzbrand vollkommen glichen, schon eintraten, bevor die Disteln und Gerstengrannen dem Futter zugesetzt waren. Wozu nach solchem Resultat dann noch diese Komplikation des Experimentes dienen soll, das begreife ich nicht recht; sie kann doch nur noch zur Verwirrung der schon ziemlich klarliegenden Verhältnisse führen.

Weiter ist noch gegen die Pasteursche Auffassung des Befundes von geschwollenen Drüsen bei Milzbrandschafen einzuwenden, daß die Verhältnisse bei diesen Tieren ganz eigener Art sind. Die dichte Behaarung schützt den übrigen Körper und läßt vorzugsweise den Kopf frei; also muß auch die durch Insekten vermittelte Ansteckung gerade bei Schafen hauptsächlich am Kopfe stattfinden. Wie soll aber eine milzbrandige Drüsenanschwellung nach einem in der Umgebung des Maules erhaltenen Insektenstich von derjenigen nach Infektion von der Maulschleimhaut aus unterschieden werden?

Nach meiner Erfahrung ist nun aber überhaupt die Meinung, daß die Infektionsstelle immer durch charakteristische Veränderungen der nächstgelegenen Lymphdrüsen sicher bezeichnet werde, nicht in dem Umfange aufrecht zu erhalten, wie Pasteur und Toussaint dies wollen. Man sieht recht oft nach Impfungen am Ohr ganz entfernte Lymphdrüsen, z. B. diejenigen der Inguinalgegend, geschwollen, dunkel gerötet und mit Bazillen gefüllt, und umgekehrt bei Impfungen am Schwanz die Halsdrüsen in gleicher Weise verändert. Ich erkläre mir diese Tatsache so, daß beim Milzbrand oft schon sehr frühzeitig einzelne kleine kutane, subkutane und intramuskuläre Gefäße von den Milzbrandbazillen verstopft und gesprengt werden und eine solche Stelle mit frei im Gewebe gelegenen Bazillen auf die benachbarten Lymphdrüsen wieder genau dieselbe Wirkung hat, wie eine absichtlich angelegte Impfstelle. Die Veränderungen der Lymphdrüsen können also nicht immer als sichere Wegweiser für die Eintrittsstelle des Milzbrandgiftes dienen.

Es bleibt nun noch der wichtigste Einwand gegen die Pasteursche Theorie. Alle Tatsachen sprechen dafür, daß außer den von der Körperoberfläche vermittelten Infektionen die übergroße Mehrzahl der spontanen Milzbrandfälle auf eine Infektion vom Darm aus zurückzuführen ist. Alle übrigen Infektionsarten, wie die von den Respirationswegen aus, diejenigen von Verletzungen der Schleimhäute, in welche Kategorie also auch die von Pasteur angenommene Art der Infektion zu bringen wäre, treten gegen die vom Darm ausgehende ganz in den Hintergrund.

Schon die beim Menschen beobachteten Milzbrandformen sprechen für diese Auffassung. Meistens handelt es sich beim Menschen um Infektion von Verletzungen der

<sup>1)</sup> cf. Heusinger, Milzbrandkrankheiten, 1850, p. 470.

Körperoberfläche, aber daneben ist schon eine beträchtliche Zahl unzweifelhafter Fälle von Darmmilzbrand konstatiert. Andere Infektionsarten als diese beiden müssen beim Menschen so selten sein, daß es nicht möglich war, Beispiele dafür aufzufinden.

Dasselbe Verhältnis wiederholt sich bei den größeren Haustieren, Rindern und Pferden. Entweder wird ein Karbunkel an der Körperoberfläche oder Darmmilzbrand gefunden. Bei Rindern habe ich selbst einige Fälle von ganz reinem Darmmilzbrand gesehen. Die Dünndarmschleimhaut war von zahlreichen knopfförmigen, großen, schwarzroten Knoten durchsetzt, auf denen bei der Untersuchung auf dem Querschnitt (nach Alkoholhärtung und Anilin-Kernfärbung) die Darmzotten fast ausnahmslos mit Milzbrandbazillen vollgestopft sich zeigten. Stellenweise erstreckte sich die Bazillenanhäufung bis zur Submukosa. In dem Blutextravasat, welches die Schichten der Schleimhaut durchsetzte, fanden sich nur vereinzelte Bazillen. Die Milz war nicht vergrößert, im Blute nur nach langem Suchen einige Stäbchen aufzufinden. Wie häufig beim Rindvieh der Milzbrand unter der Form des Darmmilzbrandes, und zwar vorzugsweise im untersten Teil der Verdauungswege, im Mastdarm, vorkommt, ist schon daraus ersichtlich, daß in manchen Gegenden selbst das Volk diese Art Milzbrand kennt und mit einem eigenen Namen, „Rückenblut“, belegt hat.

Haupt<sup>1)</sup>, dem eine in Sibirien erworbene sehr reiche Erfahrung über den Milzbrand der Pferde zu Gebote steht, schildert die am Darm gefundenen Veränderungen folgendermaßen: „Nach Eröffnung der Bauchhöhle findet sich hier meistens eine mäßige, auch wohl ansehnliche Menge gelblichen oder rötlichen Blutwassers vor. Magen und Darmkanal sind mit Futtermasse hinlänglich angefüllt; ersterer ist nur selten etwas entzündet oder zeigt entzündungsähnliche Stellen, Flecken, Punkte; letzterer alles dies sowohl von außen als innen, und besonders der dünne Darm, vom Zwölffingerdarm an, fast durchaus in hohem Grade größere oder kleinere Portionen einseitig oder durchaus entzündet, mit ausgezeichneten Flecken und Punkten von Blutunterlaufungen, bläulich und brandig schwarz, bald nur oder mehr die äußere, bald auch alle Häute durch und durch, auf gleiche Weise die inneren Wände schattiert und verschieden. Der dicke Darm meist weniger betroffen, sogar von aller Entzündung frei. Das Netz und Gekröse scheinen entzündet; die Blutgefäße sehr sichtbar, oft stark angefüllt, mit Blutergießungen; am meisten der Gekrösteil des dünnen Darms, wenn dieser stark gelitten hat.“ Ich selbst hatte Gelegenheit, einigen Sektionen von an Milzbrand gefallenen Pferden beizuwohnen, und habe in diesen Fällen genau dasselbe Bild, welches Haupt entwirft, gesehen. Die Tiere hatten während der sehr kurzen Krankheit nicht die geringsten äußerlich wahrnehmbaren Kennzeichen von Milzbrand gehabt; so daß die Diagnose erst durch die Sektion mit Sicherheit festzustellen war. Größere Strecken des Dünndarms hatten infolge von ausgedehnten Blutextravasaten ein schwarzrotes Aussehen angenommen; die zugehörigen Gekrösdrüsen waren gewaltig vergrößert, erweicht und hämorrhagisch; das benachbarte Gekröse in eine gelbliche sulzige Masse verwandelt; die Milz stark vergrößert, erweicht, im Blute, in den Gekrösdrüsen, in der Darmschleimhaut, und namentlich auch hier wieder in den Darmzotten angehäuft massenhafte Bazillen.

Zu diesen auffallenderen Lokalisationen an den Infektionsstellen scheint es hauptsächlich bei den nicht im höchsten Grade für Milzbrand empfänglichen Tierspezies zu kommen, während die Schafe, welche entschieden zu den empfänglichsten Tieren gehören, sich insofern anders verhalten, als von vornherein die Bazillen weniger lokal bleiben, sondern sich schnell im Blutstrom verteilen. Häufig finden sich deswegen bei Milzbrandschafen, außer den allgemeinen Veränderungen in der Blutbeschaffenheit, gar keine mit

1) Seuchekrankheiten der Haustiere, 1845, p. 177.

bloßem Auge wahrnehmbare Anzeichen, welche auf den Infektionsort schließen lassen könnten. (Ammon. Zitiert nach Heusinger.) Sehr oft sind aber auch bei diesen Tieren die Anzeichen vorhanden, daß das Krankheitsgift höchst wahrscheinlich vom Darm aus sich den Weg in den Körper gebahnt hat, was Blutextravasate und Schwellung der Dünndarmwände und Gekrösdrüsen, ähnliche Lokalisation am Mastdarm, wie beim Rinde, beweisen. Wegen der Wichtigkeit, welche die Frage nach dem Hauptinfektionsort des Milzbrandes beansprucht, sei es mir gestattet, noch einige auf ausgedehnte tierärztliche Erfahrungen begründete Aussprüche hier wiederzugeben.

Spinola<sup>1)</sup> sagt in der Schilderung des Leichenbefundes bei Milzbrand: „Der Darmkanal zeigt, namentlich am Dünndarm, bräunliche und schwarze Flecke. Der Inhalt besteht in einer dunkelbraunen, blutigen, stinkenden Masse und die Zotten sind stets dunkel gefärbt. Im Mastdarm werden (beim Rinde) ganz gewöhnlich Blutergüsse, die oft sehr beträchtlich sind, angetroffen, im Gekröse stets rote Flecke.“

Bruckmüller<sup>2)</sup> spricht sich dahin aus, daß der Milzbrand nur selten die Schleimhaut des Darmes unverändert läßt und die vorzüglichsten Veränderungen im Dünndarme hervorruft.

In dem großen Sammelwerk über Milzbrand von Heusinger<sup>3)</sup>, in welchem ein ganz bedeutendes Material verarbeitet ist, findet sich unter der Zusammenstellung, welche das Gesamtergebnis der Beobachtungen über Leichenerscheinungen enthält, unter Nr. 9 folgender Satz: „Im Magen finden sich diese Veränderungen der Schleimhaut (Blutergüsse, welche den Zellstoff durchdringen, rot, blaurot oder schwarz färben, so daß er erweicht, abstirbt und aufgelöst wird) im allgemeinen weniger häufig als im Darmkanal; sind sie vorhanden, so liegen sie vorzüglich im Pylorusteil. Allgemein finden sich jene Ergießungen im Darmkanal.“

Solchen aus langjährigen zahlreichen Beobachtungen entsprungenen Erfahrungen gegenüber verlieren die an wenigen Tieren und anscheinend nur an Schafen gemachten Beobachtungen Pasteurs allen Wert.

Bis hierher hatten die Pasteurschen Milzbrandforschungen die Milzbrandätiologie noch um nichts gefördert. Alle kompetenten Beurteiler verhielten sich deswegen denselben gegenüber auch schweigend oder ablehnend. Auch Pasteur, der selbstverständlich von der Vortrefflichkeit seiner Ideen am meisten überzeugt war und noch in der Sitzung der *Académie de Médecine* vom 11. November 1879 mit großer Zuversicht gesagt hatte: „*Depuis deux années, je me suis occupé de la recherche de l'étiologie du charbon, et je crois l'avoir trouvée, ainsi que sa prophylaxie*“, scheint die Unzulänglichkeit seiner Theorie doch sehr bald gefühlt zu haben; denn schon im Laufe des nächstfolgenden Jahres trat er mit einer Verbesserung seiner Milzbrandätiologie hervor, die mit demselben Eklat der Öffentlichkeit übergeben wurde, wie die früheren vermeintlichen eigenen Entdeckungen. Diesmal war es allerdings eine Idee, welche bis dahin noch von niemandem geäußert war und Pasteurs unbestrittenes Eigentum ist.

Wie ich früher erwähnt habe, kennt Pasteur keine andere Sporenbildung der Milzbrandbazillen in der freien Natur, als diejenige, welche in der nächsten Umgebung eines in die Erde vergrabenen Milzbrandkadavers und in letzterem selbst stattfinden soll. Nun war es aber nicht gut möglich, die tief in der Erde ruhenden Milzbrandsporen und die nach Fütterung mit stechenden Pflanzen eintretenden Milzbranderkrankungen ohne weiteres in Verbindung zu bringen. Es fehlte hier ein Bindeglied, welches den Transport der Sporen aus den tieferen Schichten der Erde auf das Futter der Tiere vermittelte.

<sup>1)</sup> Handbuch der speziellen Pathologie und Therapie für Tierärzte, 1863, Bd. I, p. 166.

<sup>2)</sup> Lehrbuch der pathologischen Zootomie der Haustiere, 1869, p. 397.

<sup>3)</sup> Die Milzbrandkrankheiten der Tiere und des Menschen, 1850, p. 559.

Einen so erfindungsreichen Forscher, wie Pasteur, konnte das nicht lange in Verlegenheit setzen und in der Tat, das Bindeglied war sehr schnell gefunden. Es sind, wie Pasteur sagt, die Regenwürmer<sup>1)</sup>, welche die Rolle übernehmen, die Milzbrandsporen aus der Tiefe an die Erdoberfläche zu bringen, von wo die Sporen mit dem Staub durch den Wind weiter transportiert und auf den Futterstoffen abgelagert werden. So entstand die berühmte und vielfach als überaus geistreich befundene Theorie Pasteurs von der Bedeutung der Regenwürmer für die Ätiologie des Milzbrandes zunächst und vieler anderer Infektionskrankheiten im weiteren. Auch in Deutschland hat die Pasteursche Regenwürmertheorie Bewunderer gefunden. H. Rohlf s und, an diesen sich anschließend, Reclam<sup>2)</sup> halten dafür, daß infolge der Pasteurschen Entdeckungen „die fürchterliche und unheilbare Krankheit des Milzbrandes ihren Schrecken verloren hat, da man nun weiß, wie man ihr vorzubeugen und sie aufs engste einzudämmen vermag“. Rohlf s sagt ferner: „Auch dürfte es sich empfehlen, nach einem Mittel zu forschen, das die Regenwürmer unschädlich macht. Wir zweifeln nicht daran, daß das deutsche Reichsgesundheitsamt die Entdeckungen Pasteurs prüfen und mit gesetzlichen Maßregeln, welche dem Werte jener Rechnung tragen, vorgehen werde.“ Dem schließt sich Reclam mit folgenden Worten an: „Wir stimmen dieser Mahnung aus innerster Überzeugung bei und wünschen, daß das deutsche Reichsgesundheitsamt diese Frage zu der seinigen mache.“ Nun, die Wünsche von Rohlf s und Reclam sind erfüllt; die Pasteurschen Entdeckungen sind einer Prüfung unterworfen, leider mit einem den Erwartungen jener nicht entsprechenden Resultat. Für den mit der Milzbrandätiologie, soweit sie bis jetzt feststeht, auch nur oberflächlich Vertrauten konnte allerdings von vornherein kein Zweifel darüber bestehen, daß die neue Pasteursche Theorie an demselben Fehler, wie seine früheren Leistungen, leidet, daß sie nämlich vollständig überflüssig ist. Eine *conditio sine qua non* der Pasteurschen Würmerhypothese ist, daß die Milzbrandsporen immer tief in der Erde verborgen liegen. Wären sie das nicht und kämen sie auch an der Oberfläche vor, dann sind die Würmer zu ihrem Transport unnötig. Ist es denn nun aber richtig, daß die Milzbrandsporen nur unten in der Erde sich bilden? Durchaus nicht. Wer nur einige Kadaver von milzbrandigen Schafen usw. gesehen hat, dem wird das sofort einleuchten. Aus allen Öffnungen der Milzbrandkadaver ergießen sich mehr oder weniger blutig gefärbte Flüssigkeiten; selten wird ein Tier mit unverletzter Haut verscharrt; meistens wird es abgehäutet, oft auch nur der Diagnose wegen geöffnet. Alle die hierbei resultierenden Abgänge, welche mit Blut vermischt sind, enthalten auch Bazillen. Aber nicht allein nach dem Tode, sondern noch während die Tiere krank umhergehen, zeigen sich öfters blutige Ausflüsse. Ganz besonders ist dies bei Schafen der Fall, die in den allermeisten Fällen einen mit Blut untermengten Harn in den letzten Stunden der Krankheit absondern. Diese Flüssigkeiten geben aber sämtlich zugleich die besten Nährflüssigkeiten für die Milzbrandbazillen ab, so daß, wenn sie auf die Erdoberfläche gelangen und hier nur soviel Feuchtigkeit vorfinden, daß sie nicht zu schnell vertrocknen, und wenn gleichzeitig eine entsprechende Temperatur, z. B. 20° C oder darüber vorhanden ist, dem Wachstum und der Sporenbildung der Bazillen gar nichts im Wege steht. Es ist ganz undenkbar, daß nicht während des Sommers an vielen Stellen, wo milzbrandkrankes Vieh sich aufhielt, wo Milzbrandkadaver auf der Erde gelegen haben, ganz besonders aber dann, wenn das Fell abgezogen oder der Kadaver geöffnet wurde, sich Sporen bilden, die auf der Bodenoberfläche abgelagert bleiben und keines Transportes aus der Tiefe zur Oberfläche be-

<sup>1)</sup> Bulletin de l'Académie de Médecine, 1880, Nr. 28.

<sup>2)</sup> Der von Reclam (Gesundheit 1880, Nr. 17) seinem Aufsatz über „Schutz vor dem Milzbrand“ zugrunde gelegte Artikel von Rohlf s findet sich in der Beilage zur Augsburger allgemeinen Zeitung vom 11. August 1880.

dürfen. Es ist sogar sehr wahrscheinlich, daß, soweit die unmittelbar von milzbrandigen Tieren oder deren Leichen stammenden Bazillen für die Sporenbildung in Betracht kommen, die Sporenbildung in der Umgebung der verscharrten Tierkadaver gegen die an der Erdoberfläche aus den blutigen, bazillenhaltigen Absonderungen stattfindende ganz in den Hintergrund tritt. Unerläßliche Bedingungen zur Sporenbildung sind nämlich, was immer wieder in Erinnerung zu bringen ist, Feuchtigkeit und ein bestimmter Temperaturgrad. An Feuchtigkeit fehlt es den tieferen Bodenschichten zwar nicht, aber ob in denselben immer die zur Entwicklung von Sporen erforderliche Temperatur vorhanden ist, das ist sehr die Frage. Die Bestimmung der unteren Grenze der Temperatur, bei welcher sich noch Sporen in den Milzbrandbazillen zu entwickeln vermögen, schien mir zur Entscheidung dieser Frage unerläßlich zu sein, und ich habe deswegen durch eingehende möglichst genaue Versuche dieselbe festzustellen gesucht. Das Resultat dieser Versuche ist kurz folgendes. Je mehr die Temperatur abnimmt, um so langsamer erfolgt das Auswachsen der Bazillen oder Sporen zu den bekannten langen Fäden. Ebenso tritt auch die Sporenbildung in diesen Fäden um so später ein, je niedriger die Temperatur ist. Zwischen  $30^{\circ}$  und  $40^{\circ}$  C ist das Wachstum und die neue Sporenbildung gewöhnlich schon nach 24 Stunden beendet. Bis zu  $25^{\circ}$  nimmt die hierzu erforderliche Zeit zu und steigt auf ungefähr 35—40 Stunden. Unter  $25^{\circ}$  macht sich die Temperaturabnahme sehr schnell in negativem Sinne bemerklich. Bei  $23^{\circ}$  sind bis zur Sporenbildung schon 48 bis 50 Stunden, bei  $21^{\circ}$  72 Stunden erforderlich. Bei  $18^{\circ}$  zeigen sich die ersten Sporen nach etwa fünf Tagen, bei  $16^{\circ}$  nach sieben Tagen und zwar wird die Sporenbildung immer spärlicher. Unter  $15^{\circ}$  hören das Wachstum und die Sporenbildung auf. Die schönsten und kräftigsten sporenhaltigen Kulturen werden zwischen  $20^{\circ}$  und  $25^{\circ}$  erhalten und diese Temperatur möchte ich für die der Entwicklung der Milzbrandbazillen unter natürlichen Verhältnissen passendste halten. Unter  $18^{\circ}$  ist das Wachstum schon so verzögert, daß innerhalb des langen zur Reife erforderlichen Zeitraumes sich schon die ursprüngliche Beschaffenheit der Nährflüssigkeit, in welcher sich die Bazillen befinden, durch verschiedene Einflüsse, z. B. Diffusion von seiten der Bodenfeuchtigkeit, verändern muß und sich ferner die gegen Temperatureinflüsse weniger empfindlichen anderen Bakterienarten in Massen einfinden und die Milzbrandbazillen überwuchern werden, ehe sie zur Sporenbildung kommen. Ein Boden, welcher also nicht mindestens  $18^{\circ}$  C Temperatur besitzt, ist, auch wenn die übrigen Verhältnisse noch so günstig sind, ungeeignet, um es zur Sporenbildung kommen zu lassen. Nehmen wir nun an, daß die Milzbrandkadaver ungefähr einen Meter tief verscharrt werden, und suchen in den Angaben über Bodentemperaturen, wie sich in dieser Tiefe die Temperatur verhält. Nach Müller<sup>1)</sup> beträgt die Bodentemperatur für das mittlere Schweden und Finnland ungefähr  $4^{\circ}$ , steigt bis zum nördlichen Deutschland auf  $8^{\circ}$  und hat in einer Linie, welche durch das nördliche Frankreich, Österreich, Südrußland geht, ungefähr  $10^{\circ}$ . Man hat ferner gefunden, daß im mittleren Europa in einer Tiefe von 1 Meter die Bodentemperatur nur noch Schwankungen im Gesamtbetrage von  $10,5^{\circ}$  macht, also  $5,2^{\circ}$  über oder ebensoviel unter den Mittelwert geht. Wenn diese Angabe durchweg richtig wäre, könnte in den hauptsächlichsten Milzbrandländern, in Rußland, Deutschland, Ungarn und Frankreich die Bodentemperatur in der Tiefe von 1 Meter überhaupt nicht die zur Bildung von Milzbrandsporen erforderliche Höhe von  $18^{\circ}$  erreichen. Nun ist aber zu berücksichtigen, daß ziemlich erhebliche lokale Verschiedenheiten vorkommen und daß streng genommen die Milzbrandkadaver nicht immer genau 1 Meter tief, sondern oft genug nur  $\frac{1}{2}$  Meter und noch weniger tief vergraben sind. Ich habe aus den Veröffentlichungen des statistischen

<sup>1)</sup> Lehrbuch der kosmischen Physik, 1872.

Bureaus der Stadt Berlin die Bodentemperaturen vom Jahre 1880 ausgezogen und lasse dieselben der Anschaulichkeit wegen in einer kleinen Tabelle folgen. Die Beobachtungen sind auf elf verschiedenen Stationen gemacht, von denen ich immer nur die höchste und die niedrigste Temperatur (in Graden nach Celsius) aufgezeichnet habe.

Bodentemperatur am 1.	In einer Tiefe von		
	½ Meter	1 Meter	3 Meter
Januar . . . . .	0,8— 2,8	2,6— 4,8	1,0— 4,6
Februar . . . . .	1,0— 3,0	2,4— 6,0	5,3— 9,0
März . . . . .	1,0— 6,0	2,1— 6,8	6,0— 8,4
April . . . . .	4,3— 7,6	4,2— 8,3	6,9— 8,8
Mai . . . . .	8,7—11,5	9,0—12,0	6,1—10,8
Juni . . . . .	12,6—15,5	12,1—15,0	7,1—12,8
Juli . . . . .	14,4—17,8	12,8—16,9	9,2—15,0
August . . . . .	15,1—18,5	14,2—17,2	10,5—16,6
September . . . . .	16,4—19,2	15,1—18,0	11,5—16,8
Oktober . . . . .	12,8—14,5	13,3—15,4	11,4—14,8
November . . . . .	7,1— 9,4	9,1—11,2	10,1—13,3
Dezember . . . . .	5,6— 8,3	7,3—10,1	8,5—11,8

Diese Tabelle lehrt, daß in dem Boden Berlins bei 3 Meter Tiefe an keiner der Beobachtungsstellen die zur Bildung von Milzbrandsporen erforderliche Temperatur erreicht wird. In der Tiefe von einem Meter kam nur eine Station auf 18° und auch nur während eines Monats, alle übrigen blieben unter 18°. In der Tiefe von einem halben Meter erreichten im Monat August eine und im September drei von den elf Stationen die Temperatur von 18° oder noch etwas mehr. Die Lehren, welche aus diesen Zahlen für die Erforschung der Milzbrandätiologie zu entnehmen sind, sind von der höchsten Bedeutung, und zwar nicht allein für die Pasteursche Theorie von der Bedeutung der Regenwürmer, die schon aus vielen anderen Gründen zu verwerfen ist, sondern namentlich für die Versuche mit dem Vergraben von Milzbrandkadavern, über welche ich hier einige Bemerkungen einschalten muß. Alle diese Versuche sind mit völliger Nichtachtung der für die Sporenbildung unerläßlichen Bedingungen angestellt und haben deshalb auch keinen Wert. Wie weit diese Nichtachtung ging, ist daraus zu ersehen, daß man in den Wintermonaten Milzbrandkadaver vergraben hat und sich wunderte, wenn die später mit den Kadaverteilen und der benachbarten Erde ausgeführten Infektionsversuche negativ ausfielen. Es hätte sich mit mathematischer Gewißheit vorhersagen lassen, daß es gar nicht anders kommen konnte. Daß die Sporenbildung im mittleren Deutschland selbst in einer mäßigen Tiefe nur an vereinzelt Stellen und nur während einer kurzen Zeit im Jahre stattfinden kann, geht aus der obigen Tabelle zur Evidenz hervor. Also vermögen jene Versuche nur dann etwas zu beweisen, wenn sie an solchen geeigneten Stellen und zur geeigneten Zeit vorgenommen werden. Übrigens haben auch die wenigen Versuche, welche ich in der Literatur auffinden konnte und von denen es feststand, daß sie während der Sommermonate ausgeführt waren, ein negatives Resultat ergeben und können als Beweis für meine Behauptung dienen, daß verscharrte Milzbrandkadaver nur in Ausnahmefällen Veranlassung zur Entstehung von Sporen geben können. In nördlichen Ländern werden auch diese Ausnahmefälle aufhören, weil nur die oberflächlichsten Bodenschichten, welche unter dem direkten Einfluß der Sonnenwärme stehen, die erforderliche Temperatur zeitweilig annehmen. In Sibirien, welches von allen Ländern am schwersten vom Milzbrand heimgesucht wird, würden also die Regenwürmer schon in einer Tiefe von wenigen Zentimetern von der Oberfläche überhaupt keine Milzbrand-

sporen mehr vorfinden, die sie zu transportieren hätten. Im mittleren Europa ist die Gelegenheit zur Sporenbildung gleichfalls fast nur auf die Bodenoberfläche beschränkt und findet hier unzweifelhaft oft genug statt, so daß, was schon an der Oberfläche vorhanden ist, nicht erst aus der Tiefe dahin geschafft zu werden braucht. Auch in Frankreich scheinen die Bodenverhältnisse nicht wesentlich anders zu sein. Wenigstens ist Colin bei seinen Versuchen mit dem Vergraben von Milzbrandkadavern, von denen einige in die warme Jahreszeit fallen, zu negativem Resultat gelangt. Höchst interessant und bezeichnend für die Art und Weise, in welcher Pasteur seine Milzbrandstudien anstellt, ist übrigens das Experiment, welches ihn auf die Theorie vom Transport der Sporen durch die Regenwürmer zuerst geführt hat. Pasteur schildert dasselbe in folgender Weise<sup>1)</sup>. Nach einigen Vorversuchen im Laboratorium schien es ihm erforderlich, einen Versuch in größerem Maßstabe zu machen. Es wurde in dem Garten einer Farm ein Hammel auf derselben Stelle, wo er an Milzbrand gefallen und nachdem er seziert war, vergraben. (*Nous avons donc enfoui dans un jardin de la ferme de M. Mannory, après qu'on en eut fait l'autopsie, un mouton, qui était mort spontanément du charbon à la place même de l'enfouissement.*) Zehn Monate und vierzehn Monate später wurde Erde von dieser Stelle, und zwar, worauf Pasteur besonders Gewicht legt, von der Oberfläche derselben genommen, auf Meerschweinchen verimpft und angeblich damit Milzbrand erzeugt. (Die Zweifel gegen die Richtigkeit der Diagnose dieses durch Infektion mit Erde an Meerschweinchen hervorgerufenen Milzbrandes sind schon früher besprochen und es kann deswegen an dieser Stelle davon abgesehen werden.) Nun überlegt Pasteur, wie die Milzbrandsporen von dem in der Tiefe liegenden Kadaver an die Oberfläche gekommen sind, und weiß schließlich keinen anderen Ausweg, als die Regenwürmer als die Vermittler, als die Träger der Milzbrandkeime aus der Tiefe an die Bodenoberfläche (*messagers des germes*) zu bezeichnen. Er hätte kaum auf einen widersinnigeren Ausweg geraten können. Die ungezwungenste Erklärung lag doch so nahe. Wenige Sätze noch vor der Schilderung seines Experimentes sagt Pasteur selbst, daß sofort nach dem Tode aus den Nasenöffnungen und dem Maule eines an Milzbrand gefallenen Tieres sich Blut ergießt, daß der Urin oft blutig und die Erde rings um einen solchen Kadaver mit Blut beschmutzt ist. (*N'est-ce pas un caractère habituel de la maladie, qu'au moment de la mort le sang sort par les narines, par la bouche, et que les urines sont souvent sanguinolentes? En conséquence, et dans tous les cas pour ainsi dire, la terre autour du cadavre est souillée de sang.*) Und trotzdem Pasteur sich dessen bewußt ist, wurde in einer unerklärlichen Weise bei diesem entscheidenden Experiment der an Milzbrand verendete Hammel gerade auf der Stelle vergraben, wo er gestorben war und wo die Erdoberfläche durch seinen blutigen Urin und die blutigen Ausflüsse aus den Körperöffnungen mit Milzbrandbazillen schon hinreichend geschwängert war. Um das Experiment nun aber noch ganz wertlos zu machen und ihm einen geradezu naiven Anstrich zu geben, wurde das Tier vorher noch auf der Vergrabungsstelle seziert, bei welcher Gelegenheit, wenn bis dahin noch kein Milzbrandblut auf die Bodenoberfläche gelangt war, die Verunreinigung ganz unzweifelhaft eintreten mußte. Soll man unter diesen Umständen darüber erstaunt sein, wenn später an der Oberfläche der Begräbnisstelle Milzbrandsporen gefunden wurden? Eher hätte das Gegenteil Verwunderung erregen müssen. In diesem Falle waren die Regenwürmer doch gewiß nicht nötig, um die *messagers des germes* zu spielen.

Eigentlich wäre die Würmerfrage hiermit schon zur Genüge erledigt, um aber den Angaben Pasteurs in jeder Beziehung Gerechtigkeit widerfahren zu lassen, habe ich noch folgenden Versuch gemacht.

<sup>1)</sup> *Bulletin de l'Acad. Méd.*, 1880, Nr 28.

Es wurden ungefähr 300 g Gartenerde mit Milzbrandsporen in sehr reichlicher Menge vermischt. In das Gefäß mit dieser Erde, welche beständig mäßig feucht gehalten wurde, wurden etwa zwölf kräftige Regenwürmer gesetzt, die sich sofort in dieselbe einbohrten, ihre Gänge darin bildeten und sich anscheinend ganz wohl befanden. Daß die Würmer von den Bestandteilen der Erde in sich aufnahmen und daß ihr Verdauungsprozeß im Gang war, ließ sich daraus abnehmen, daß die Exkremente derselben, kleine Zylinder von erdiger Beschaffenheit, an der Oberfläche der Erde regelmäßig abgelagert wurden.

Nachdem sich die Regenwürmer fünf Tage lang in dieser Erde befunden hatten, wurde einer derselben herausgenommen, in reinem Wasser mehrmals abgespült, dann noch in destilliertem Wasser sorgfältig gereinigt, auf eine Glasplatte gelegt und mit einer Schere in mehrere Stücke zerlegt. Der Inhalt des Darmkanals, welcher beim Zerschneiden des Wurmes sofort ausströmt, wurde von mehreren Abschnitten desselben zugleich genommen und vermengt, um, weil etwa die Milzbrandsporen vorzugsweise in einem besonderen Teil des Darmkanals abgelagert sein konnten, sie nicht zu verfehlen. Beim Durchschneiden des Wurmes und bei dem Sammeln und Mischen des Darminhaltes konnte man an dem Knirschen der Sandkörnchen schon erkennen, daß der Darminhalt Bestandteile der Erde enthielt und die mikroskopische Untersuchung bestätigte diese Vermutung durch das Auffinden zahlreicher Sandkörnchen. In diesem Gemisch von Darmflüssigkeit und kleinsten, runden, glänzenden Sandpartikelchen Sporen mit Sicherheit erkennen zu wollen, ist unmöglich, am wenigsten möchte es gelingen, darin die Milzbrandsporen von den in der Erde fast nie fehlenden anderweitigen Bazillensporen zu unterscheiden. An einzelnen Stellen klingen Pasteurs Angaben über den Nachweis der Milzbrandsporen im Boden fast so, als sei derselbe durch die mikroskopische Untersuchung geführt. Ich halte das für zurzeit unmöglich und muß annehmen, daß Pasteur den definitiven Nachweis der Milzbrandsporen nur durch die erfolgreiche Infektion der Versuchstiere führen konnte. Auch in meinem Versuche wurde die Virulenz des Darminhaltes der Regenwürmer an Tieren geprüft. Der Inhalt des in der geschilderten Weise behandelten Regenwurmes wurde einer Maus in eine kleine taschenförmige Hautwunde dicht oberhalb der Schwanzwurzel gebracht; eine Applikationsweise, bei welcher mir in sehr vielen Versuchen infektiöses Milzbrandmaterial noch niemals die Wirkung versagt hat. Zur Kontrolle erhielt ein Meerschweinchen ebenfalls in eine kleine Hauttasche auf dem Rücken eine geringe Menge der milzbrandsporenhaltigen Erde, in welcher sich die Würmer befanden. Die Maus blieb am Leben, das Meerschweinchen war am zweiten Tage tot. An der Infektionsstelle fand sich ausgebreitetes Ödem, in der Ödemflüssigkeit zahlreiche bewegliche und unbewegliche Bazillen, die sich durch Untersuchung mit der Färbemethode teils als Milzbrand-, teils als Ödembazillen erwiesen. Die Milz war wenig geschwollen und enthielt ebenfalls beide Arten Bazillen in mäßiger Zahl. Es handelte sich demnach um eine Mischform von malignem Ödem und Milzbrand und es ließ sich nicht behaupten, daß das Tier an Milzbrand gestorben sei. Da schon anderweitige Erfahrungen vorlagen, daß Meerschweinchen so überaus empfänglich für das maligne Ödem sind und also in solchen Fällen, in denen das Infektionsmaterial die Sporen des malignen Ödems und des Milzbrandes zu gleicher Zeit enthält, zum Nachweis der Milzbrandsporen sehr ungeeignete Versuchstiere sind, so wurde der Infektionsversuch in der Folge nur an Mäusen ausgeführt, die, wie sich gleich aus dem Fortgang des Experimentes ersehen läßt, im Gegensatz zum Meerschweinchen in ausgesprochener Weise mehr für Milzbrand als für das maligne Ödem inklinieren.

Die zweite Probe wurde zwölf Tage später angestellt. Von einem gut gereinigten Regenwurm wurde der Inhalt gesammelt, derselbe einer Maus in eine taschenförmige

Hautwunde gebracht und einer zweiten Maus in gleicher Weise ein kleines Quantum Erde einverleibt. Die Erde-Maus war am folgenden Tage tot. Die Sektion ergab ganz reinen, unkomplizierten Milzbrand. In der stark vergrößerten Milz und in der Lunge wurden zahllose Milzbrandbazillen gefunden. Die Regenwurm-Maus blieb gesund.

Nach weiteren neun Tagen dasselbe Experiment, mit dem nämlichen Resultat. Die Erde-Maus starb am nächsten Tage an Milzbrand, die Regenwurm-Maus dagegen blieb am Leben.

Nach ferneren vier Tagen (also 30 Tage nachdem die Regenwürmer in die milzbrandsporenhaltige Erde gesetzt waren) Wiederholung des Versuches mit demselben Erfolg.

Nach fünf Tagen ebenso. In diesem Falle starb die Erde-Maus, wie bis dahin regelmäßig, am folgenden Tage an Milzbrand. Aber auch die Regenwurm-Maus starb diesmal, allerdings erst am dritten Tage, an regelrechtem Milzbrand.

Sechs Tage später derselbe Versuch. Erde-Maus am nächsten Tage an Milzbrand gestorben. Regenwurm-Maus bleibt am Leben.

Zum letztenmal wurde dann noch der Versuch 20 Tage später, nachdem sich also die Regenwürmer 61 Tage in der Erde befunden hatten, wiederholt. Die Erde-Maus starb am nächsten Tage an Milzbrand, die Regenwurm-Maus blieb gesund.

Das Ergebnis dieses Versuches, kurz zusammengefaßt, ist demnach, daß unter sieben Infektionsversuchen die mit der Erde infizierten Tiere ausnahmslos starben, sechs an Milzbrand, eins an einer Mischform von Milzbrand- und malignem Ödem; daß dagegen von den Tieren, welchen der Darminhalt der Regenwürmer beigebracht wurde, nur eins starb und, was wohl zu beachten ist, auch dies zwei Tage später als das zugehörige mit Erde infizierte Tier. Nun liegt aber schon die Erfahrung vor, daß Flüssigkeiten, welche nur sehr wenige Sporen enthalten, Mäuse erst nach mehreren Tagen töten, während der sporenrreiche Bodensatz derselben Flüssigkeit schon am nächsten Tage tötet. Hiernach ist wohl zu schließen, daß auch im vorliegenden Falle die Regenwurm-Maus nur mit sehr wenigen, möglicherweise nur mit einer einzigen Spore infiziert wurde, während die Erde-Maus Sporen in reichlicher Zahl erhalten haben mußte. Erwägt man nun weiter, daß es durchaus nicht leicht ist, einen Regenwurm vollständig von der anhängenden Erde oder gar von den seiner schleimigen Hülle anklebenden Milzbrandsporen zu reinigen, so liegt es nicht außer dem Bereich der Möglichkeit, daß auch in dem einzigen Falle, in dem der Darminhalt Milzbrand erzeugte, es sich um eine nicht absolut sicher auszuschließende Verunreinigung durch die außerhalb des Wurms befindlichen Sporen gehandelt hat. Aber gesetzt den Fall, daß die Milzbrandkeime hier aus dem Innern des Wurms stammten, so beweist mein Experiment noch zur Genüge, daß die Regenwürmer sehr schlechte *messagers des germes* sind. Wenn sie auch wirklich bedeutende Mengen von Milzbrandsporen in den tieferen Schichten des Bodens vorfinden würden, was, wie ich vorher gezeigt habe, nicht einmal der Fall sein kann, so würden sie auch dann die ihnen von Pasteur zugeordnete Aufgabe so schlecht erfüllen, daß, wenn allein von den Regenwürmern und von den in der Erde ruhenden Milzbrandkadavern die Existenz des Milzbrandes abhängen sollte, diese Krankheit schon längst ausgestorben sein müßte.

Die Theorie von der Bedeutung der Regenwürmer für die Milzbrandätiologie erweist sich demnach, ebenso wie die früheren vermeintlichen Entdeckungen Pasteurs, als ein Irrtum und das Gesamtergebnis der Prüfung seiner Milzbrandarbeiten läßt sich dahin zusammenfassen, daß wir Pasteur bisher auch noch nicht das geringste verdanken, was unsere Kenntnisse über die Milzbrandätiologie bereichert hätte, daß im Gegenteil seine Arbeiten auf diesem Gebiete nur Verwirrung in manche schon feststehende oder fast geklärte Frage zu bringen geeignet sind.

Einen wesentlich anderen Charakter wie die Pasteurschen Arbeiten trägt diejenige von Buchner. Die Veranlassung zu dieser Arbeit hat anscheinend weniger das Bestreben gegeben, die Milzbrandätiologie zu fördern, als die Absicht, der Naegeli'schen Lehre von der binnen verhältnismäßig kurzer Zeit sich vollziehenden Anpassung der Mikroorganismen an ihnen bis dahin fremde Verhältnisse und von der Umwandlung aus einer Form in eine andere ein recht eklatantes Beispiel zu liefern. Derartige Arbeiten, welche einer vorgefaßten Meinung Nachdruck verleihen sollen und die ich Tendenzarbeiten nennen möchte, sind an und für sich gewiß ebenso berechtigt, wie jede andere wissenschaftliche Arbeit und stiften fast immer insofern einen großen Nutzen, daß, mögen sie nun negativ oder positiv in ihren Resultaten ausfallen, durch dieselben mindestens Anregung zu weiteren Studien gegeben und die beregte Frage in Fluß gehalten wird. Aber für denjenigen, welcher sich einer solchen Tendenzarbeit widmet, entsteht die große Gefahr, daß er den Tatsachen gegenüber, die ihm die Forschung vorführt, kein unparteiischer Richter mehr bleibt. Ohne es zu wollen und selbst ohne es zu ahnen, erscheinen ihm die Dinge nicht mehr wie sie sind, sondern im Lichte seiner vorgefaßten Meinung, und wie leicht ist dann Irrtümern in der Beobachtung und daraus resultierenden Trugschlüssen Tür und Tor geöffnet. Auch die Buchnersche Arbeit macht auf mich den Eindruck, als ob sie an diesem Fehler der Tendenzarbeiten leidet.

Bei der großen Verbreitung, welche dieselbe durch Referate in allen medizinischen Zeitschriften gefunden hat, kann ich ihren Inhalt wohl als genügend bekannt voraussetzen und werde mich sofort zu den einzelnen Punkten wenden, welche mir Bedenken gegen die exakte Anordnung und Ausführung des Experimentes, sowie gegen die Deutung desselben erwecken.

Buchner spricht in seiner Arbeit nur von Heubazillen und von Milzbrandbazillen. Für ihn existierten offenbar nur diese beiden, wie er sagt, morphologisch gleichen, physiologisch aber ungleichen Bazillen. Die Heubazillen repräsentieren also die unschädlichen, die Milzbrandbazillen die pathogenen Bazillen. Für denjenigen, der keine verschiedenen Arten von Bazillen anerkennt, wie es ein Anhänger Naegeli's auch gar nicht anders kann, muß obiger Satz auch in der umgekehrten Form seine Geltung haben, nämlich, daß alle nichtpathogenen Bazillen in die Kategorie der Heubazillen und die pathogenen in die Kategorie der Milzbrandbazillen gehören. Hier stellt sich aber schon der Naegeli-Buchnerschen Auffassung von dem Verhältnis der verschiedenen Bazillen zueinander ein Hindernis entgegen, an dem sie scheitern oder dessentwegen sie ein Loch in das sorgfältig gewebte System reißen muß. Denn sobald sich herausstellt, daß es noch andere pathogene Bazillen gibt, dann müssen diese entweder mit den Milzbrandbazillen zusammengeworfen werden, was absolut unausführbar ist, oder es muß für diesen neuen Bazillus das Loch gerissen und er muß als selbständige Form, Varietät, Art — auf den Namen kommt es durchaus nicht an — anerkannt werden. Diese Eventualität tritt in neuerer Zeit immer unabweisbarer an die Naegeli'sche Schule heran und ich werde an einem Beispiel zeigen können, wie sie sich zu derselben verhält. Ich habe schon mehrfach auf die unverkennbaren morphologischen Unterschiede zwischen den Milzbrandbazillen und den gewöhnlich als Heubazillen bezeichneten Bazillen aufmerksam gemacht und verweise deswegen auf die Beschreibung eines Photogrammes dieser verschiedenartigen Bazillen in den Beiträgen zur Biologie der Pflanzen, II. Bd., 3. Heft, p. 428<sup>1)</sup>. Bei der Betrachtung dieser Photogramme (Taf. III, Nr. 21 u. 22) ergeben sich so in die Augen fallende und so charakteristische Unterschiede in der Form der beiden Bazillenarten, wie man sie bei diesen an der Grenze der lebenden Wesen stehenden Organismen nur erwarten kann. Die Form der einzelnen Glieder, die Verbindung derselben untereinander

<sup>1)</sup> Diese Werke, p. 46 und 47.

ist bei beiden durchaus verschieden. Außerdem kommt noch hinzu, daß die einen Geißelfäden haben, die anderen nicht. Die Geißelfäden sind allerdings nicht auf diesem Photographum, dagegen auf dem nach einem Trockenpräparat hergestellten Taf. II, Nr. 5 sehr deutlich zu sehen. Alle diese gewiß nicht unerheblichen morphologischen Unterschiede genügten Buchner nicht, um Heubazillen und Milzbrandbazillen zur Zeit, als er seine Arbeit niederschrieb, für morphologisch verschieden zu halten. Nun häufen sich aber neuerdings die Nachrichten über anderweitige pathogene Bazillen, unter denen ich nur eine Art, die beim Rauschbrand des Rindes vorkommende, nennen will. Und wie stellt sich Buchner zu diesen? In einem Referat über die Arbeiten von Arloing, Cornevin und Thomas über Rauschbrand sagt Buchner wörtlich<sup>1)</sup>: Die Form des Spaltpilzes wird von den Verfassern genau so beschrieben, wie schon Feser und Bollinger dieselbe angegeben haben. Es sind Stäbchen, kürzer und etwas breiter als die Milzbrandbakterien, mit abgerundeten Enden und lebhafter Eigenbewegung, also hinlänglich von den Pilzen des Milzbrandes verschieden.“ Hier genügen demnach mit einem Male abgerundete Enden der Bazillen und Eigenbewegung, d. h. Vorhandensein von Geißelfäden, um die Rauschbrandbazillen als morphologisch verschieden von den Milzbrandbazillen anzusehen, während die Heubazillen, bei denen diese Formunterschiede noch deutlicher ausgesprochen sind, für morphologisch gleich mit den Milzbrandbazillen erklärt wurden. Wie lassen sich diese Widersprüche in Einklang bringen? Doch nur dadurch, daß Buchner nunmehr auch die morphologische Differenz zwischen Heu- und Milzbrandbazillen anerkennen muß. Dann ist er aber auch verpflichtet, bei seinem Versuch der Umzüchtung von Milzbrandbazillen in Heubazillen über die allmähliche Veränderung der morphologischen Eigenschaften der Bazillen Rechenschaft abzulegen. Wann stellen sich, darf man gewiß fragen, die Geißelfäden ein und wann verwandeln sich die abgestutzten Enden der Milzbrandbazillen in die abgerundeten der Heubazillen? Zu dieser Forderung ist man um so mehr berechtigt, als die Abänderung der für Buchner früher nur maßgebenden pathogenen Eigenschaften der Milzbrandbazillen bei der Umzüchtung in einer so wenig gesetzmäßigen Weise vor sich geht, daß ich schon allein aus diesem Umstande auf eine stattgefundene Verunreinigung seiner Kulturen schließen möchte. So ergaben in einem Falle die Kulturflüssigkeiten nach der ersten, zweiten, dritten und vierten Umzüchtung noch Milzbrand, in der fünften, sechsten, siebenten und achten nicht mehr; nur wenn Buchner von diesen letzteren Flüssigkeiten größere Impfmengen anwendete, wurde Milzbrand erzeugt. Noch deutlicher ist diese Erscheinung in einem anderen von Buchner berichteten Versuch, in dem nur die erste Umzüchtung eine bei Anwendung einer geringen Impfquantität wirksame Flüssigkeit lieferte, die zweite bis fünfte wirkten nur in größerer Menge, die sechste war überhaupt unwirksam. Entspricht dies nun dem Verhältnis, wie wir uns eine allmähliche Abnahme der Virulenz, eine Abschwächung derselben vorstellen müssen? Keineswegs: Nach den in der letzten Zeit ganz geläufig gewordenen Vorstellungen von der Abschwächung der Virulenz eines pathogenen Organismus geht dieselbe in der Weise vor sich, daß gleich große Impfmengen anfangs noch die ursprüngliche typische Krankheitsform, dann nach und nach eine von dieser typischen Form abweichende weniger heftig und weniger gefährlich verlaufende Krankheit erzeugen, also immer noch eine pathogene Wirkung äußern. Ganz anders geht es bei dem Buchnerschen Experiment zu. Hier hört bei irgendeiner Umzüchtung plötzlich die Wirkung der noch in der vorhergehenden Kultur wirksam gewesenen Impfmenge auf und erst, wenn größere Flüssigkeitsmengen verimpft werden, stellt sich die Wirkung wieder ein, der alsdann erzielte Effekt ist aber nicht ein abgeschwächter, sondern immer wieder der ungeschwächte tödliche Milzbrand. Genau dieselbe Erscheinung würde

<sup>1)</sup> Deutsche Medizinische Wochenschrift, 1881, Nr. 25.

sich gezeigt haben, wenn die letzte der noch in kleinen Quantitäten wirksamen Kulturen stark verdünnt worden wäre, d. h. wenn die Zahl der auf eine bestimmte Menge Flüssigkeit kommenden Milzbrandbazillen soweit verringert wäre, daß nur noch eine größere Impfmenge die Aussicht gibt, einen oder mehrere Bazillen, so viel eben zur Infektion notwendig sind, in die Impfwunde zu bringen. Ein Analogon bieten die Versuche von Chauveau mit Verdünnung der Vakzine; mit einem gewissen Grad der Verdünnung hört die Wirkung auf; aber mit größeren Impfmengen derartig verdünnter Vakzine sind immer noch regelrechte Impfpusteln zu erhalten. Ich kann deswegen in dem Verlauf des Buchnerschen Experimentes nicht eine Abschwächung der Milzbrandbazillen erblicken, sondern erkläre, wie mir scheint, in ganz ungezwungener Weise den Vorgang durch eine eingetretene Verunreinigung der Kultur durch andere Bazillen, welche die Milzbrandbazillen überwuchern, verdrängen und ihre Anzahl reduzieren. Dafür spricht auch die Ungleichheit in der Zahl der Umzüchtungen, welche erforderlich waren, um die Milzbrandbazillen ihrer Virulenz zu berauben. Die letzte Wirksamkeit mit größeren Impfmengen wurde bei der sechsten, siebenten, achtzehnten und einmal sogar bei der sechsunddreißigsten Kultur beobachtet. Wenn es sich in der Tat um eine Abschwächung handelte, dann ist nicht einzusehen, warum nicht bei derselben Kulturmethode, also bei gleichbleibenden Versuchsbedingungen, die Virulenz nicht auch in den verschiedenen Versuchen zu annähernd gleichen Zeiten verschwinden sollte, während im Gegenteil dies Verschwinden der Virulenz zwischen 6 und 36 Tagen schwankte. Die Annahme eines Fehlschlagens der vermeintlichen Reinkultur macht jene Unregelmäßigkeit sofort erklärlich, weil, je nachdem es der Zufall fügt, die fremden Bazillen, welche die Milzbrandbazillen verdrängen, das eine Mal eher, das andere Mal später in die Reinkultur gelangt sein können. Wenn Buchner es als ein Kennzeichen für die Anwesenheit der Milzbrandbazillen in seiner Kultur, auch wenn die Virulenz schon geschwunden ist, anführt, daß die morphologische Beschaffenheit dieser schon abgeänderten Bazillen dieselbe sei, wie diejenige der Milzbrandbazillen, so hat das gar keine Bedeutung. Denn einmal erkennt Buchner, wie ich früher schon auszuführen Gelegenheit hatte, die durch Färbungsmethoden nachzuweisenden morphologischen Unterschiede, wie sie zwischen Heu- und Milzbrandbazillen existieren, nicht an; zweitens gibt es aber auch außer den Heubazillen noch mehrere andere Bazillen, die in Kulturflüssigkeiten sich nicht wie Heubazillen verhalten und nicht, wie diese, eine membranartige Decke auf der Flüssigkeit ablagern, sondern genau ebenso wie die Milzbrandbazillen vom Boden des Gefäßes aus zuerst wolkige Massen und von diesen ausgehend rankenartige, äußerst zarte Flocken bilden. Ohne besondere Hilfsmittel, wie sie bislang nur die Färbungsmethode bietet, diese Bazillenarten, welche nicht im geringsten pathogen sind, von den Milzbrandbazillen zu unterscheiden, ist geradezu unmöglich. Die Keime dieser den Milzbrandbazillen ähnlichen Bazillen sind viel häufiger und weiter verbreitet, als die der sogenannten Heubazillen. Sie finden sich fast bei allen Luftuntersuchungen überall in den oberen Bodenschichten, im Staub, namentlich auch im Staub von Heu habe ich sie niemals vermißt, wenn ich denselben auf Nährgelatine brachte. Von den eigentlichen Heubazillen scheinen sie in Nährflüssigkeiten überwuchert zu werden, so daß es mir ganz erklärlich ist, daß Buchner in seinen Kulturen, wenn dieselben unrein wurden, zuerst die weit verbreiteten, oben geschilderten Bazillen, welche im Wachstum den Milzbrandbazillen gleichen, erhielt und daß diese schließlich durch die später eingedrungenen Heupilze überwuchert wurden.

Wenn ich eine Verunreinigung der Buchnerschen Kulturen für wahrscheinlich halte, so habe ich dafür folgende Gründe: Buchner benutzte Lösungen von Liebig'schem Fleischextrakt. Es ist das eine Substanz, deren sichere Sterilisierung zu den schwierigsten Aufgaben gehört. Ich könnte dafür als Belege die Aussprüche verschiedener Experimentatoren

anführen, die mit Fleischextraktlösungen als Kulturflüssigkeiten gearbeitet und dieselbe wegen dieser unangenehmen Eigenschaft wieder verlassen haben, aber auch Buchner selbst kennzeichnet in einer Anmerkung zu seiner Schrift diese Schwierigkeit deutlich genug, indem er erwähnt, daß sich in einem Falle erst nach 18 Tagen die Verunreinigung der Fleischextraktlösung bemerklich gemacht hatte. Würde man sich also in diesem Falle der 12—15 Tage klar gebliebenen Flüssigkeit zur Kultur bedient haben in dem guten Glauben, daß sie vollständig sterilisiert sei, dann würde man sich arg getäuscht haben. Nun kommt hierzu noch, daß Buchner sogleich größere Quantitäten Fleischextraktlösung, wie er sagt, für 1 ½ Monate ausreichend, im Dampfkochtopf zu sterilisieren versucht hat. Wenn es schon schwierig ist, Fleischextraktlösung in kleinen Quantitäten sicher zu sterilisieren, so wächst diese Schwierigkeit noch bedeutend mit der Menge und das ist ganz besonders beim Gebrauch des Dampfkochtopfes der Fall. Zum Verständnis dieser Verhältnisse verweise ich auf die Schilderung der Versuche mit dem Dampfkochtopf in der Arbeit über die Desinfektion mit Wasserdampf<sup>1)</sup>. Wem sollte nicht bei dem Faktum, daß in einem mit Wasser gefüllten Literkolben, der sich im Dampfkochtopf eine halbe Stunde bei 120° C Temperatur befand, ein Maximalthermometer nur die Temperatur von 85° C erreichte, Bedenken aufsteigen, ob Buchners im Dampfkochtopf behandelte Kulturflüssigkeiten auch wirklich sterilisiert waren?

Auch der Apparat, mit Hilfe dessen Buchner seine fortlaufenden Kulturen bewerkstelligte, hat, so sinnreich er übrigens konstruiert ist, seine Schwächen, und zwar scheint mir die schwächste Stelle die Ausflußöffnung zu sein. Buchner sagt über diese Vorrichtung: „Nach Ablauf der Vegetation im Züchtungsgefäße konnte die Pilzflüssigkeit aus dessen Boden durch eine verschließbare enge Öffnung abgelassen werden, die weder ein Eintreten von Luft noch einen Rücktritt der abgelaufenen Pilzflüssigkeit gestattete und daher jedem fremden Pilze den Eingang verwehrte.“ Es ist mir ganz unklar, wie es möglich sein soll, diese Öffnung am Boden des Gefäßes, welche doch wahrscheinlich durch einen Hahn oder eine ähnliche Vorrichtung abzuschließen war, gegen das Eindringen von fremden Bakterien in einer anderen Weise zu schützen, als durch jedesmal unmittelbar nach dem Ausströmen der Flüssigkeit zu bewerkstelligendes Ausglühen der Metall- oder Glasteile und Schützen der äußeren Partie der Abflußvorrichtung durch erhitzte Watte. Denn wenn dies nicht geschieht, kann ein schließliches Eindringen von Bakterien in das Kulturgefäß auf demselben Wege, auf dem die abzulassende Flüssigkeit ausströmt, gar nicht vermieden werden. Es werden sich zuerst in dem Abflußrohr außerhalb der Schlußvorrichtung an den mit der Nährflüssigkeit benetzten Wänden Bakterien ansiedeln, bis zur Schlußvorrichtung vordringen und wenn diese das nächste Mal geöffnet wird, in das Gefäß gelangen können. Möglicherweise ist die Schlußvorrichtung aber auch an und für sich nicht zuverlässig „pilzdicht“. Es wäre doch wünschenswert gewesen, wenn Buchner durch eine genaue Beschreibung seines Apparates diesen Bedenken vorgebeugt hätte, die in jedem, der mit Bakterienkulturen vertraut ist, sofort entstehen müssen.

Auf einen Punkt möchte ich noch aufmerksam machen, der bei der Beurteilung der von Buchner gewählten Versuchsanordnung wohl im Auge zu behalten ist. Wenn irgendwo sich ein Fehler beim Sterilisieren oder im Abschluß der Kulturflüssigkeit einschlich, dann ist von vornherein wegen der Beschaffenheit der Nährflüssigkeit, welche in ihrem wesentlichsten Bestandteil, dem Fleischextrakt, eine große Menge von Bazillensporen enthält und außerdem ein ausgezeichnetes Nährmaterial gerade für alle Bazillen abgibt, welche in die Gruppe der sogenannten Heubazillen gehören, gar nicht anders zu erwarten, als daß schließlich die Heubazillen über alles andere, was ursprünglich darin kultiviert wurde oder später mit den Heubazillen gemeinschaftlich hineingelangte, den Sieg davontragen.

<sup>1)</sup> Diese Werke, p. 360 ff. D. Herausgeber.

Wäre es Buchner gelungen, die Milzbrandbazillen in andere, weniger pathogen wirkende oder seltener vorkommende Bazillen, z. B. diejenigen der blauen Milch, umzuzüchten, dann hätte das Resultat an und für sich schon eine größere Wahrscheinlichkeit für sich gehabt. Daß nun aber schließlich bei der Umzüchtung gerade die Heubazillen herauskommen, die, wenn der Versuch irgendwo eine Lücke ließ, unfehlbar kommen mußten, das allein würde mir, ganz abgesehen von allen anderen Gründen, die ganze Sache schon verdächtig erscheinen lassen.

Man könnte nun sagen, daß die lange Dauer, welche zur endgültigen Umzüchtung der Milzbrandbazillen in die Heubazillen erforderlich war, für eine ganz allmählich vor sich gehende Veränderung der Bazillen und nicht für eine Verunreinigung spräche. Dem habe ich folgendes zu entgegnen. Wenn Buchner von 1500 Generationen spricht, welche die Umzüchtung zuwege brachten, so klingt das allerdings für den mit Bakterienkulturen nicht Vertrauten überwältigend. Für den Sachkenner verwandeln sich aber die 1500 Generationen sofort in 150 Umzüchtungen, für die bisher der Ausdruck Generationen, ob mit Recht oder Unrecht mag dahingestellt bleiben, üblich war, ohne daß die Zahl mit 10 multipliziert wurde. Doch auch diese Zahl muß noch gekürzt werden. Ich habe schon früher erwähnt, daß in der Luft, im Staub und namentlich auch im Staub von Heu ganz konstant die Sporen verschiedener Bazillen vorkommen, von denen einige bei ihrer Vermehrung eine dichte, schleimige oder hautartige Decke an der Oberfläche der Nährflüssigkeit bilden, andere aber, und darunter gerade die am weitesten verbreiteten Bazillen, in der Nährlösung Vegetationen bilden, die von denjenigen der Milzbrandbazillen makroskopisch nicht zu unterscheiden sind. Da man bis jetzt nicht vermochte, diese verschiedenen Bazillenarten immer getrennt zu erhalten, so sind die letzterwähnten, wahrscheinlich wegen des weniger in die Augen fallenden Aussehens ihrer Vegetation, bisher nicht beachtet und meistens ganz übersehen. Im Grunde genommen gebührt ihnen mit demselben Recht wie den membranbildenden Bazillen der Titel Heubazillen. Auch mikroskopisch sind diese, wie schon erwähnt, nicht pathogenen Bazillen, weil sie unbeweglich sind und den Milzbrandbazillen in Länge und Dicke ziemlich gleichkommen, von diesen ohne die bekannten Hilfsmittel nicht zu unterscheiden. Wenn also Buchner in seinen Versuchen in den Kulturflüssigkeiten Bazillenvegetationen erhielt, die ebenso aussahen wie die Milzbrandvegetationen, aber nicht mehr pathogen waren, dann hatte er sein Ziel schon vollständig erreicht und hatte statt der Milzbrandbazillen einen in der Natur häufig vorkommenden Bazillus vor sich, der ebensogut wie jeder andere aus dieser Gruppe Heubazillus genannt werden kann. Das Experiment, in einer Kulturflüssigkeit, in welcher ursprünglich Milzbrandbazillen sich befanden, nach einer gewissen Zahl von Umzüchtungen Heubazillen zu haben, war somit schon nach der 6., 7., 18. und in einem Falle nach der 36. Umzüchtung beendet und es hatte im Prinzip gar keinen Zweck, die Zahl der Umzüchtungen weiter bis auf 150 zu steigern. Wenn schließlich noch ein membranbildender Bazillus erhalten wurde, so bedeutet dies weiter nichts, als daß eine zweite Umzüchtung von einem nicht membranbildenden zu einem mit dieser Eigenschaft versehenen Heubazillus noch zu dem ersten Experiment hinzugefügt wurde oder, wie ich die Sache auffasse, daß solange weitergezüchtet wurde, bis durch eine weitere zufällige Verunreinigung auch einmal die membranbildenden Heubazillen in die Kulturflüssigkeit hineingerieten und ihre Vorgänger überwucherten. Das Buchnersche Experiment der Umzüchtung von Milzbrandbazillen in Heubazillen reduziert sich also darauf, daß nach höchstens 36 Umzüchtungen die Milzbrandbazillen verschwunden und statt dessen den Milzbrandbazillen sehr ähnliche Heubazillen sich in der Kulturflüssigkeit befanden. Soll man nun dieses Resultat als ein im Sinne der Umzüchtung positives bezeichnen? Nach meiner Ansicht nicht. Denn so lange noch ein einziges Bedenken obwaltet, daß die Buchnersche

Kulturmethode nicht absoluten Schutz gegen das Eindringen von anderen Bazillenkeimen bietet, was sie, wie ich gezeigt habe, nicht tut, ist jenes Resultat nur insofern verwertbar, daß es die Möglichkeit beweist, die Milzbrandbazillen in fortlaufenden Kulturen durch höchstens 36 Umzüchtungen zu erhalten. Von da ab gelangten andere Bazillen nachträglich in die Kulturen, gewannen die Oberhand, so daß also die Kulturen aufgehört hatten Reinkulturen zu sein. Aus diesen Gründen kann auch jeder Versuch, in welchem die Milzbrandbazillen länger als durch 36 Umzüchtungen rein und wirksam erhalten wurden, als ein Beweis gegen das Gelingen einer Umwandlung der Milzbrandbazillen in Heubazillen gelten und derartige Versuche stehen mir in einer nicht geringen Anzahl zu Gebote. Ich bewerkstelligte zuerst mit dem in der Arbeit über die Untersuchungsmethoden beschriebenen Reinkulturverfahren, also mit Hilfe von Nährgelatine<sup>1)</sup>, solche fortlaufende Reinkulturen der Milzbrandbazillen. Dieselben lassen sich ohne Schwierigkeiten ausführen und ich habe mehrere Reihen, in denen die Milzbrandbazillen auf einer mit *Humor aqueus* bereiteten Gelatine kultiviert wurden, bis auf 50 Umzüchtungen gebracht, ohne daß die Milzbrandbazillen in ihren morphologischen Kennzeichen oder in ihrer vollen pathogenen Wirkung eine Abänderung erfahren hätten. Ganz ebenso verhielten sich dieselben in gleichzeitig ausgeführten fortlaufenden Kulturen auf Fleischextrakt-Gelatine. Auch in diesen trat bis zur 50. Umzüchtung gar keine Änderung im Verhalten der Bazillen ein. Mit der 50. Umzüchtung, welche die Milzbrandbazillen noch vollkommen rein geliefert hatte, wurde deswegen abgebrochen, weil der Beweis, daß mit einem sicheren Reinkulturverfahren die Milzbrandbazillen durch eine weit größere Zahl von Umzüchtungen unverändert zu erhalten sind, als es Buchner gelungen war, zur Genüge geliefert ist. Es war mir damals schon bekannt, daß auch gekochte Kartoffeln ein ausgezeichnetes Nährsubstrat für Milzbrandbazillen abgeben, und es ließ sich wohl erwarten, daß, wenn überhaupt eine Umwandlung von Milzbrandbazillen in Heubazillen stattfinden kann, diese auf einem rein pflanzlichen Nährboden am natürlichsten und sichersten vor sich gehen müsse. Deswegen wurden noch einige längere Reihen von Umzüchtungen auf Kartoffeln bewerkstelligt, teils bei Zimmertemperatur, teils im Brütapparat, aber ohne daß sich hierin ein Unterschied geltend machte. Einige dieser Reihen gingen bis zur 40. und 50. Umzüchtung. Eine, die ich weniger aus Rücksicht auf weiteres Beweismaterial gegen die Umzüchtung der Milzbrandbazillen ausführte, als vielmehr, weil es sehr bequem war, für anderweitige Versuche frisches Milzbrandmaterial in dieser Weise stets zur Hand zu haben, wurde bis auf 115 Umzüchtungen fortgesetzt, die sich auf den Zeitraum von sieben Monaten erstreckten. Die weitere Übertragung der Bazillen von einer Kartoffel auf die nächstfolgende fand meistens nach einem Tage, oft auch erst nach zwei bis drei Tagen statt. Im ganzen Verlauf dieser Versuchsreihe wurden sehr oft, um das Vorhandensein der pathogenen Eigenschaften zu prüfen, Tiere mit der von einer Kartoffelkultur entnommenen Bazillenmasse geimpft und jedesmal ebenso sicher Milzbrand erhalten, als wenn mit dem frischen Blute eines an Milzbrand gestorbenen Tieres geimpft worden wäre. Mit sehr kleinen Proben der 115. Kultur auf Kartoffeln wurden zum Abschluß noch drei Mäuse und ein Meerschweinchen geimpft, welche sämtlich am folgenden Tage starben und zwar, wie die Sektion ergab, an regelrechtem Milzbrand.

Zu noch erheblicheren Bedenken und Einwänden, als die Umzüchtung der Milzbrandbazillen in die Heubazillen, gibt der zweite Teil der Buchnerschen experimentellen Arbeit Anlaß, welche sich mit der Überführung der unschädlichen Heubazillen in die pathogenen Milzbrandbazillen beschäftigt. Ich halte es für überflüssig, auf alle einzelnen Punkte dieses Experimentes, die zu einer Widerlegung auffordern, einzugehen und will nur den, wie mir scheint, wesentlichsten Einwand hervorheben, da, solange dieser nicht

<sup>1)</sup> Diese Werke, p. 136.

beseitigt ist, an einen exakten Beweis der geschehenen Umwandlung der Heu- in Milzbrandbazillen nicht gedacht werden kann.

Buchner hat die Kulturen der zu pathogenen Organismen heranzuzüchtenden Heubazillen in nicht sterilisiertem Blute vorgenommen. Er sagt selbst, daß sich in diesem Blute nach 24 Stunden andere Bakterien einstellten. Bekanntlich hat man nun aber durch Einspritzungen von bakterienhaltigen Flüssigkeiten, besonders aber bakterienhaltigem Blut, die von Pasteur Septicämie und von mir malignes Ödem genannte Affektion bei Tieren schon oft entstehen sehen, und wie ähnlich diese Affektion dem Milzbrand in bezug auf Gestalt und Größe der dabei gefundenen Bazillen und leichte Übertragbarkeit auf andere Tiere ist und wie außerordentlich nahe für jeden, der nicht mit allen Erscheinungen dieser Krankheit genau vertraut ist, eine Verwechslung derselben mit Milzbrand liegt, das habe ich schon früher ausführlich auseinandergesetzt. Wer will denn nun bestreiten, daß sich nicht in den Buchnerschen Kulturen mit unsterilisiertem Blut früher oder später auch einmal die fast überall verbreiteten Keime der Ödembazillen einfinden könnten? Wenn dies der Fall ist und wenn solches Blut oder von demselben herrührende weitere Kulturen eingepft und namentlich in der von Buchner befolgten Weise durch Bändchen unter die Haut des Versuchstieres gebracht wird, dann kann es gar nicht ausbleiben, daß ein solches Tier stirbt, Bazillen in der Lunge, vergrößerten Milz und im Blute hat, die sich beliebig oft auf andere Tiere mit demselben tödlichen Erfolg weiter verimpfen lassen. Was kann unter diesen Umständen jemand, für den pathogene Bazillen und Milzbrandbazillen eins und dasselbe sind, wohl anders annehmen, als daß er Milzbrand künstlich aus unschädlichen Organismen erzeugt hat. Ich will allerdings nicht behaupten, daß bei Buchners Versuchen dieser fremde, den Milzbrandbazillus vortäuschende Bazillus kein anderer als gerade der des malignen Ödems gewesen sei. Ich halte es überhaupt für wahrscheinlich, daß bei weiterem Nachforschen noch mehrere mit pathogenen Eigenschaften begabte Bazillen entdeckt werden, und so ist es auch möglich, daß Buchner einen anderen, bis jetzt noch nicht so genau studierten Bazillus bei seinem Kulturversuche eingefangen hat. Denn seine Methode der Kulturen in unsterilisiertem Blute möchte ich für die geeignetste Vorrichtung halten, durch welche pathogene Organismen, welche zufällig in die Kulturflüssigkeiten geraten, hier unter den für sie günstigsten Verhältnissen festgehalten werden.

Am Schlusse dieser Besprechung der Buchnerschen Arbeit möchte ich noch ausdrücklich erklären, daß ich nicht etwa ein prinzipieller Gegner der Lehre von der Umzüchtung einer Art in eine andere nahe verwandte Art bin und demgemäß auch die Abänderung pathogener Organismen in unschädliche und umgekehrt für nicht außer dem Bereich der Möglichkeit liegend halte. Darin wird mir indessen jeder beistimmen, daß, wenn derartige Abänderungen sich anscheinend unter irgendwelchen Verhältnissen ereignen, dieselben bei der außerordentlichen Tragweite einer solchen Tatsache nur dann von der Wissenschaft als vollgültig angenommen werden können, wenn sie in exakter Weise bewiesen und über jeden Zweifel erhaben sind. Davon ist aber die Buchnersche Umzüchtung von Heubazillen in Milzbrandbazillen noch weit entfernt.

---

Im ganzen genommen ist also durch die neueren Milzbrandarbeiten unsere Kenntnis von der Milzbrandätiologie sehr wenig gefördert und wir sind noch weit davon entfernt, mit Pasteur ausrufen zu können: „Die Ätiologie des Milzbrandes ist gefunden und zugleich mit ihr die Prophylaxis dieser Krankheit.“

Die im Eingang dieser Arbeit bezeichneten Lücken in der Milzbrandätiologie, welche nur die hauptsächlichsten fehlenden Punkte bezeichnen, bestehen noch und werden noch

mancher Arbeit zu ihrer Ausfüllung bedürfen. Mit einer dieser Aufgaben, nämlich mit der Untersuchung der Einflüsse zerstörender oder entwicklungshindernder Stoffe auf die Milzbrandsporen und -Bazillen, habe ich mich gelegentlich der im Gesundheitsamte ausgeführten Arbeiten über Desinfektion eingehend beschäftigt. Das hierbei gewonnene, ziemlich reichhaltige Material findet sich in den auf die Desinfektion bezüglichen Aufsätzen<sup>1)</sup>.

Die wichtigste der noch zu erledigenden Fragen ist, wie ich schon früher hervor gehoben habe, die, ob die Milzbrandbazillen auch unabhängig vom tierischen Organismus leben und ihren Entwicklungsgang vollenden können. Wenn diese Frage in positivem Sinne beantwortet werden könnte, dann würden sofort die bisher noch am meisten rätselhaft erscheinenden Vorkommnisse im Auftreten und in der Verbreitung des Milzbrandes eine einfache und sachgemäße Erklärung finden.

Die Gründe, welche mich zur Aufstellung dieser Frage bestimmt haben, sind folgende:

Eigene Beobachtungen und Nachforschungen über das Verhalten des Milzbrandes in einem Milzbranddistrikt machten es mir wahrscheinlich, daß Milzbranderkrankungen bezüglich ihrer Entstehung häufig auf Örtlichkeiten zurückgeführt werden müssen, an denen niemals Milzbrandkadaver vergraben sind und auch sonst nicht der geringste Anhalt geboten war, eine Ablagerung von Milzbrandstoffen durch kranke Tiere oder in sonst einer Weise annehmen zu können. Wie waren die Milzbrandkeime an diese Stellen gelangt? Sollten sie durch Luftströmungen von Milzbrandstätten dahin geführt sein? Das war wohl nicht anzunehmen, denn es hätte doch in diesem Falle eine gleichmäßige Ausbreitung über weite Strecken und nicht eine Konzentration auf einige wenige Punkte stattfinden müssen.

Weitere Erkundigungen bei Landwirten und Tierärzten, welche langjährige Erfahrungen über Milzbrand besitzen, bestätigten meine Vermutung, daß solche Milzbrandlokalitäten vielfach existieren.

Auch in der Literatur finden sich dafür zahlreiche Belege. Am auffälligsten ist mir in dieser Beziehung die in den tierärztlichen Berichten ganz regelmäßig wiederkehrende Beobachtung gewesen, daß Überschwemmungen sowohl an Flußufern als auch im Inundationsgebiet von Seen oder Sümpfen so außerordentlich häufig zu Milzbrandausbrüchen Veranlassung geben, sobald das Vieh auf die der Überschwemmung ausgesetzt gewesenen Stellen geführt oder mit Futter, welches daselbst gewachsen ist, gefüttert wird. Bei Überschwemmungen durch Flüsse könnte man allerdings noch daran denken, daß das Wasser zuerst über Stellen, an denen Milzbrandkadaver verscharrt liegen, geströmt ist, sich hier mit Milzbrandsporen beladen und dieselben später auf den überschwemmten Weideplätzen abgesetzt habe. Dieser Gedanke hat aber schon deswegen wenig für sich, weil auch hier wieder eine viel weitere Zerstreung der Milzbrandkeime beobachtet werden müßte, was nicht der Fall ist. Fast immer konzentriert sich auch an überschwemmten Flußufern die Milzbrandentstehung auf gewisse, den Viehbesitzern wohlbekannte und von ihnen gefürchtete Punkte. Für die sehr langsam und deswegen ohne stärkere Strömung sich vollziehende Überschwemmung in der Umgebung von Seen, Sümpfen, Morästen und Teichen würde die oben angedeutete Erklärung überhaupt nicht zulässig sein. Um eine Vorstellung von der Häufigkeit dieser Art der Entstehung von Milzbrand zu geben, mögen hier einige Zitate aus den Berichten der Deputation für das Veterinärwesen über die Verbreitung ansteckender Tierkrankheiten in Preußen einen Platz finden.

Aus den Berichtsjahren 1862—65:

In Pr.-Eylau fielen 4 Kühe an Milzbrand an einem Vormittag, als Ursache angenommen: andauernder Regen und Überschwemmung der Weide.

<sup>1)</sup> Diese Werke, p. 287ff. D. Herausgeber.

Im Kreis Ueckermünde: 5 Rinder, 1 Füllen. Nasse, tiefliegende Weide. Bei trockenem Futter sistierte die Seuche.

Kreis Jerichow: Einige Füllen. Dieselben besuchten im Oktober noch eine Weide an der Elbe. Als die Tiere von der Weide genommen und im Stalle verpflegt wurden, hörten die Sterbefälle auf.

Pr.-Stargardt: 4 Rinder. Überschwemmt gewesene Weide an der Weichsel.

Marienburg: 3 Kühe. Überschwemmte Weichsel-Wiesen.

Aus den Berichtsjahren 1865—70:

Auf einer Domäne im Magdeburgischen: Kühe, welche an tiefgelegener Stelle, welche im Frühjahr von der Elbe überschwemmt gewesen, weideten, kreperten bald darauf an Milzbrand, während die übrigen Stücke der Herde gesund blieben.

Im Kreise Chodziesen trat der Milzbrand unter den Schafen am heftigsten auf bei Benutzung solcher Weidestellen, welche bei anhaltendem Regen durchnäßt waren und sodann auszutrocknen begannen.

Bei Danzig fielen 7 Rinder an Milzbrand. Als Ursache ist Überschwemmung der Weide durch die Nogat angegeben.

Kr. Delitzsch: 70 Schafe. Weide auf tiefgelegenen, durch Gewitterregen sehr feucht gemachtem Weizenfeld. Andere Abteilungen der Herde, die unter denselben Bedingungen lebten, aber andere Weideplätze am Tage gehabt hatten, blieben gesund.

Aus den Berichtsjahren 1870—75:

Kr. Lebus: 17 Stück Rindvieh. Die Krankheit hörte auf, als das Verfüttern von Heu einer Oderbruchwiese, die im Frühjahr unter Wasser gestanden hatte, eingestellt wurde.

Oschersleben: 30 Ochsen von einem Bestand von 80 Stück. Als Ursache wird Heu, welches der Überschwemmung ausgesetzt war, angesehen.

Kr. Diepholz: Vereinzelte Fälle. Behüten der durch die Aller überschwemmten Wiesen.

Wohlau: 6 Stück Jungvieh. Weide auf einem niedrigen, innerhalb der Oderdeiche gelegenen Terrain, welches schon bei mäßiger Wasserhöhe überschwemmt ist.

Kr. Schrimm: 20 Stück Rindvieh in einer Woche. Weide auf überschwemmten und verschlammten Wiesen.

Neumarkt: 50 Schafe, welche die Ränder eines halb ausgetrockneten Teiches beweideten, fielen binnen 24 Stunden.

Magdeburg: 5 Kühe und 1 Pferd. Beweiden eines ausgetrockneten Armes der Elbe.

Kr. Stuhm: Bei verschiedenen Tieren. Weide auf von der Weichsel 14 Tage zuvor überschwemmten Wiesen.

Kr. Angermünde: Beim Rindvieh. Weide auf den von den Oderarmen gebildeten Inseln.

Königsberg: 23 Rinder. Weide auf einer im Frühjahr überschwemmten Wiese.

Aus den Berichtsjahren 1875—80:

Wittenberg: 23 Stück Wild. Der Wildpark war im Frühling zum erstenmal überschwemmt gewesen.

Kr. Cleve: 29 Stück Rindvieh. Im Winter vorher überschwemmte Weide.

Außer diesen speziell erwähnten Fällen begegnet man in diesen Berichten oftmals mehr allgemein gehaltenen Bemerkungen, welche sich in demselben Sinne aussprechen. Auch von diesen will ich wegen der Bedeutung, welche dieser Frage beigelegt werden muß, noch einige aus den letzten Jahren zitieren.

In dem Archiv für wissenschaftliche und praktische Tierheilkunde finden sich folgende Sätze:

Bd. IV, 1877, S. 175: „Nächst dem wird am häufigsten die Überschwemmung von Wiesen und Weiden als Ursache des Milzbrandes bezeichnet.“

Bd. VI, 1878—1879, S. 236: „Über die Ursache des Milzbrandes wiederholen die Berichte nur von neuem, daß der Milzbrand vorzugsweise in Orten, deren Feldmarken Überschwemmungen ausgesetzt waren, beobachtet worden ist.“

Im Supplementheft des Bd. VI, S. 17: „Aus den Tabellen zur Viehseuchenstatistik geht ferner hervor, daß Milzbrandstationen besonders häufig an solchen Orten vorkommen, deren Feldmarken öfter überschwemmt werden.“

Im Supplementheft des Bd. VII, 1880, S. 18: „Aus den Mitteilungen geht hervor, daß die Niederungen und überhaupt die nächste Nachbarschaft nicht nur größerer Ströme, sondern auch kleinerer Flüsse besonders reich an solchen Milzbrandstationen sind. Sehr häufig findet sich die Mitteilung, daß Überschwemmungen von Wiesen und Weiden oder das von solchen Teilen der Feldmark gewonnene Futter, beziehungsweise das Tränken mit dem auf Überschwemmungsstellen zurückgebliebenen Wasser oder Eindringen von Überschwemmungswasser in die Brunnen die nächste Ursache zu Ausbrüchen des Milzbrandes abgegeben haben. Dieselben Anführungen kehren so häufig wieder, daß ein gewisses Verhältnis zwischen Inundationen der Wiesen und Felder einerseits und dem Auftreten des Milzbrandes andererseits kaum zu bezweifeln sein dürfte.“

Diesen Mitteilungen und Aussprüchen möchte ich nun keineswegs einen höheren Wert beilegen, als ihnen mit Fug und Recht zukommt. Sie fußen sämtlich auf Beobachtungen, welche mehr oder weniger einen subjektiven Charakter tragen und von denen manche in dieser Fassung einer strengen Kritik nicht stichhalten möchten. Aber ich beabsichtige auch nicht, dieses Material etwa als einen Beweis für die Richtigkeit meiner Vermutungen, sondern nur für die Zulässigkeit derselben zu benutzen, und sehe sie nur als eine weitere mächtige Anregung zur möglichst gründlichen und eingehenden Prüfung der von mir aufgeworfenen Frage an.

Für die Vermutung, daß die Milzbrandbakterien auch ganz unabhängig vom tierischen Körper ein Leben zu führen vermögen, wachsen, sich vermehren und Sporen bilden können, und zwar unter Verhältnissen, wie sie sich in der freien Natur sehr oft bieten, dafür stehen mir noch weitere Tatsachen zu Gebote. Wie ich schon früher Gelegenheit hatte zu erwähnen, geben gekochte Kartoffeln für die Milzbrandbazillen einen so ausgezeichneten Nährboden ab, daß man sie auf demselben durch viele Generationen weiterzüchten kann. Die Bazillen wachsen aber nicht allein auf den Kartoffeln, sondern sie bilden auch in ganz regelrechter Weise ihre Sporen und machen also ihren vollständigen Entwicklungsgang durch. Es ist auch nicht erforderlich, diese auf Kartoffeln erhaltenen Sporen zur Fortsetzung der Kultur etwa wieder in den Tierkörper oder in tierische Flüssigkeiten zu bringen, denn sie liefern, ob sie nun sofort oder nach einer längeren Ruhepause in trockenem Zustande von neuem auf Kartoffeln ausgesät werden, wieder ebenso kräftige Kulturen, wie frisch aus dem Tierkörper entnommene Bazillen. Diese Erfahrung veranlaßte mich, eine Reihe anderer, rein pflanzlicher fester und flüssiger Substanzen auf ihre Fähigkeit, die Milzbrandbazillen ernähren und zur Sporenbildung bringen zu können, zu untersuchen, und zwar wurden hierbei besonders solche Verhältnisse berücksichtigt, die den Vorkommnissen in der freien Natur möglichst entsprechen.

Zunächst wurden Aufgüsse von Heu, Stroh und dergleichen geprüft. Bekanntlich ist ein Heuinfus, so wie es gewöhnlich bereitet wird, eine für Milzbrandbazillen ganz ungeeignete Nährflüssigkeit. Dieses Heuinfus reagiert allerdings ziemlich stark sauer und man weiß, daß die Milzbrandbazillen in sauren Flüssigkeiten nicht gut gedeihen. Auch der

Urin, wenn er für Milzbrandbazillen eine Nährflüssigkeit abgeben soll, muß zuvor neutralisiert oder schwach alkalisch gemacht werden. Es lag deswegen nahe, zu versuchen, ob auch das Heuinfus durch Neutralisieren zu einer den Milzbrandbazillen zusagenden Nährflüssigkeit gemacht werden kann. Es geht dies in der Tat. In Heuinfus, welches durch Zusatz von Kalilösung neutral oder schwach alkalisch gemacht ist, wachsen die Milzbrandbazillen vortrefflich und bilden ihre Sporen ebenso reichlich wie in den besten Nährlösungen. Es wurde nun weiter geprüft, ob das Heu unter solchen Bedingungen, wie sie den natürlichen Verhältnissen einigermaßen entsprechen, ebenfalls für Milzbrandbazillen geeignete Nährlösungen liefern kann. Wenn das Heu möglichst sortiert und die feineren Gräser, die gröberen Gräser, die im Heu befindlichen Kräuter jedes für sich genommen, mit kaltem Wasser übergossen und einige Zeit stehen gelassen wurde, dann ist es mir einige Male gelungen, auch ohne daß es notwendig war, das in dieser Weise kalt bereitete Infus zu neutralisieren, sofort eine Flüssigkeit zu erhalten, in welcher die Milzbrandbazillen gut gediehen. Es waren in diesen Fällen immer sehr feine und schmalblättrige Gräser, welche sich geeignet erwiesen. Aber auch die gröberen Grassorten und Kräuter lieferten mehrfach gute Nährlösungen, wenn sie vor der Behandlung mit Wasser mit einer geringen Menge von Schlemmkreide, kohlensaurem Kalk vermenget wurden, um die freien Säuren zu binden. Dieses letztere Resultat brachte mir in Erinnerung, daß schon oft darauf hingewiesen ist, daß Milzbrandlokalitäten einen kalkhaltigen Untergrund haben. Im Sammelwerke von H e u s i n g e r finden sich darüber zahlreiche Beobachtungen, aber auch in neuerer Zeit ist das Zusammentreffen von Milzbrand und kalkhaltigem Boden manchen Beobachtern aufgefallen. Aus dem Archiv für Tierheilkunde, Bd. VI, S. 471, entnehme ich folgenden Satz: „In betreff derjenigen Ortschaften, in denen der Milzbrand stationär ist, wird mehrfach angeführt, daß die Feldmark humusreichen, kalkhaltigen Boden, bzw. Lehmboden mit Mergel hat.“ Und in derselben Zeitschrift, Bd. VII, Supplementheft, S. 18, heißt es: „Am häufigsten wird über die Bodenbeschaffenheit der Milzbrandstationen angeführt, daß die Feldmark humusreichen, kalkhaltigen Boden besitze.“ Ferner wird von der als ausgezeichnete Milzbrandlokalität bekannten *ferme de Rozières*, auf welcher die von der *Société centrale de médecine vétérinaire* ernannte Kommission ihre Versuche anstellte, folgende Beschreibung des Bodens gegeben<sup>1)</sup>: „*Ce sol est en partie calcaire, couvert d'une couche d'humus peu épaisse.*“

Nach dem Heu wurden von weiteren ähnlichen Stoffen, wie von Roggenstroh, Haferstroh, Gersten- und Erbsenstroh, in derselben Weise kalte Infuse bereitet. Von diesen gab nur Erbsenstroh ein positives Resultat; in diesem wuchsen die Milzbrandbazillen sehr kräftig.

Grüne Pflanzenteile, als Keime von Gerste, Erbsen, Gras, Maisstengel und junger Maiskolben, Kohlblätter, mit Wasser behandelt, lieferten keine für Milzbrandbazillen geeignete Nährflüssigkeiten.

Dagegen wuchsen sie gut im frischen Saft von rohen Kartoffeln, Mohrrüben, Futterrüben, roten Rüben, Steckrüben.

Ein ganz ausgezeichnetes Nährmaterial bieten den Milzbrandbazillen zerquetschte stärkemehlhaltige Sämereien, unter denen Weizen obenan steht. In einem Gemenge von zerquetschtem Weizen und Wasser habe ich die Milzbrandbazillen ein so kräftiges Wachstum und Sporenbildung entfalten sehen, wie kaum in einer dem Tierkörper entstammenden Nährlösung. Gerste und Mais eignen sich ebenfalls sehr gut, weniger gut Hafer und Reis. Auch Hülsenfrüchte, Erbsen, Bohnen, Wicken, geben ziemlich gute Resultate.

Die im Erdboden vorhandenen organischen Substanzen scheinen an und für sich nicht zur Ernährung von Milzbrandbazillen dienen zu können, denn in Gartenerde, in

<sup>1)</sup> *Recueil de médecine vétérinaire, T. VIII, No. 7.*

sehr humusreicher Erde vom Ufer eines Flusses, im Schlamm desselben, sowie im Straßenschlamm, welche Substanzen mit etwas Wasser versetzt wurden, wuchsen die Milzbrandbazillen nicht.

Aus diesen Versuchen läßt sich entnehmen, daß es zahlreiche Pflanzenstoffe gibt, welche den Milzbrandbazillen einen zu ihrer Entwicklung und Sporenbildung vollkommen ausreichenden Nährboden gewähren. Lebende Pflanzenzellen scheinen, ebenso wie den übrigen Bakterien, auch den Milzbrandbazillen nicht zugänglich zu sein. Nur abgestorbenes oder in seiner Kontinuität gestörtes Pflanzengewebe eignet sich zum Nährmaterial. Wahrscheinlich sind es bestimmte Gräser, amyllumhaltige Sämereien, saftreiche Wurzeln, welche, an feuchten Stellen oder im Wasser liegend und der Zerstörung durch niedere Organismen preisgegeben, ebenso wie sie vielen anderen Bakterienarten zur Nahrung dienen, auch gelegentlich die Milzbrandbazillen beherbergen. Möglicherweise können durch das Vorhandensein von Kalk im Boden, auf oder in welchem Pflanzenstoffe in Zersetzung übergehen, auch solche Pflanzenteile, welche unter anderen Umständen für Milzbrandbazillen ungeeignet sind, diesen letzteren zugänglich gemacht werden.

Man kann sich das Leben der Milzbrandbazillen so vorstellen, daß sie in der soeben angedeuteten Weise in sumpfigen Gegenden, an Flußufern usw. sich alljährlich in den heißen Monaten auf ihnen zusagenden pflanzlichen Nährsubstraten aus den von jeher daselbst abgelagerten Keimen entwickeln, vermehren, zur Sporenbildung kommen und so von neuem zahlreiche, die Witterungsverhältnisse und besonders den Winter überstehende Keime am Rande der Sümpfe und Flüsse und in deren Schlamm ablagern. Bei höherem Wasserstande und stärkerer Strömung des Wassers werden dieselben mit den Schlammmassen aufgewühlt, fortgeschwemmt und an den überfluteten Weideplätzen auf den Futterstoffen abgesetzt, sie werden hier mit dem Futter von dem Weidevieh aufgenommen und erzeugen dann die Milzbrandkrankheit. Ein gewisses Analogon für ein derartiges Verhalten eines pathogenen Organismus könnte in der Trichinenkrankheit gefunden werden. Die Trichinen können ihren vollständigen Entwicklungsgang höchstwahrscheinlich ganz allein im Rattenkörper und unabhängig von anderen Tierspezies durchmachen. Eine trichinöse Ratte wird gelegentlich von den anderen Ratten gefressen, infiziert diese und es kann sich also die Krankheit ganz allein unter diesen Tieren erhalten und fortpflanzen. Wenn zufällig auch einmal eine Ratte von einem Schweine gefressen wird und der Parasit auf dieses, von letzterem möglicherweise noch weiter auf den Menschen übergeht, so sind dies gelegentliche Exkursionen, welche die Parasiten machen, auf die sie aber, bezüglich der Erhaltung ihrer Art, ursprünglich nicht angewiesen sind.

In ähnlicher Weise kann auch das Eindringen der Milzbrandbazillen in den Tierkörper als gelegentliche Exkursion eines für gewöhnlich für seine Existenz auf einen derartigen Parasitismus nicht angewiesenen Mikroorganismus angesehen werden.

Vorläufig ist dies alles, wie ich hier, um Mißverständnissen vorzubeugen, noch ausdrücklich erklären will, nur Vermutung. Allerdings läßt sich aus den von mir beigebrachten Tatsachen soviel abnehmen, daß für die Richtigkeit dieser Vermutung erhebliche Gründe sprechen und deswegen eine weitere Prüfung derselben unumgänglich notwendig ist.

Berlin, Ende Mai 1881.