

ist der Bluterguss der Wand der Kopfschlagader ein höchst wertvolles Zeichen von Erwürgungsversuchen.

4) Es kommt vor, dass Erwürgungsversuche, welche an einer lebenden Person ausgeführt werden, an dem Halse keine andere Spur als einen Bluterguss der Wand der Kopfschlagader zurücklassen, und er allein dieselben verräth.

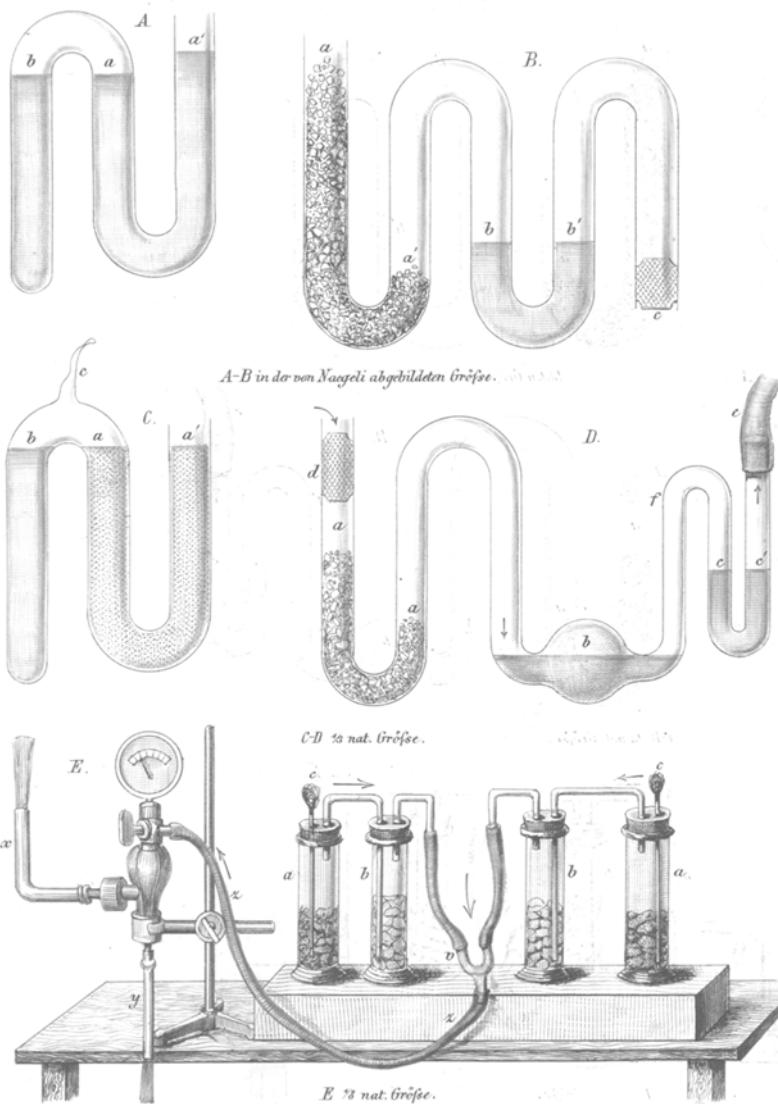
XIX.

Die Luft als Trägerin entwicklungsfähiger Keime.

Von Dr. A. Wernich in Berlin.

(Hierzu Taf. V.)

Nachdem die Eigenschaft der Reproduktionsfähigkeit als eine vom Begriff der Ansteckungsstoffe schlechthin untrennbar erkannt worden war, glaubte man nicht allein dieselben unter die geformten (physiologischen) Fermente einreihen zu müssen, sondern man parallelisierte sie auch ohne Weiteres mit bekannten Mikroorganismen und schloss aus dem Reproduktionsvermögen und dem Geformtsein auf die unbedingte Sinnfälligkeit dieser Materien. Wir können diese secundäre Voraussetzung gewiss entschuldigen durch die Steigerung und Verwöhnung der Ansprüche, welche man in den letzten Jahrzehnten auf histologischem und pathologisch-anatomischem Gebiet Seitens unserer gangbaren Sinnschärfungsmittel, besonders des Mikroskops, so oft befriedigt gesehen hatte. Wie sehr indess die Fassung der Aufgabe, „jetzt sofort die geformten und vermehrungstüchtigen Krankheitskeime auch unter allen Umständen zu finden und zur Anschauung zu bringen“, verfrüht war, erweist sich nicht allein durch eine grosse Reihe von Irrthümern, welchen die vorausgesetzte Demonstrabilität zum Ausgangspunkt diente, sondern besonders auch durch den Gang der wirklich positiven Entdeckungen nach dieser Richtung. Schon das Arbeiten mit verbesserten Beleuchtungsapparaten und einige Modificationen der Färbemethoden trugen zur Feststellung wichtiger Facta bei,



denen näher zu kommen durch die frühere mikroskopische Technik kaum möglich gewesen wäre. Jeder wirkliche Fortschritt in der Erkenntniss der sinnlichen Beschaffenheit der organisirten Krankheitsgifte dürfte einerseits durch bedeutende Verbesserungen unserer Sinnschärfungsmittel und zweitens durch das vorurtheilsfreie Studium der Lebensgesetze nächst niedrigstehender Mikroorganismen, besonders ihrer Wechselbeziehungen zu den sie ernährenden Nährmedien, vorzubereiten sein.

Inzwischen erweisen sich die auf und in verschiedenen Ge- weben und Secreten mit mehr oder weniger Absicht gefundenen Mikroparasiten, denen man die Eigenschaft Krankheitserreger zu sein suppeditiren wollte, zu einem verschwindend kleinen Theil als solche, zu einem viel grösseren Theil als zufällige Ansiedler, welche überhaupt kaum alterirender Beziehungen fähig sind, zu einem fernerem Theil als zweifelhafte Mikroorganismen, über deren Beziehungsgrad man noch nicht schlüssig werden kann. Während indess manche Nährmedien wenigstens den Vortheil gewähren, die etwaige Causalität, welche den Mikroparasiten zukommt, aus ihren eigenen Veränderungen (denen der Medien) beurtheilen zu lassen, wie also der menschliche Leichnam, die Secrete und Gewebe des menschlichen Körpers, — geht uns für andere vermutete Aufenthaltsorte der Krankheitskeime auch dieser Anhalt ab. Man hat zwar Gründe anzunehmen, dass Verbandstücke, Kleider, Instrumente, Wände und Fussböden, der Erdboden, das Wasser und die Luft als Substrate dienen, auf welchen ein im Körper gebildeter oder gezüchteter Krankheitskeim sich aufhalten und conserviren, auf welchen er ein „ektanthropes Stadium“ durchmachen kann. Diese Annahme findet bis jetzt jedoch ihre Hauptstütze in einer einzigen Reaction der so präservirten Krankheitsstoffe, in der Ansteckung eines frischen Menschen, den man mit den verdächtigen Medien in mehr oder weniger innige Beziehung treten sah. An den genannten Medien selbst konnte man keine Reaction entdecken, welche die Muthmaassung, es hauste an ihnen ein Krankheitskeim, zu etwas mehr als zu einer höchst bedingten Wahrscheinlichkeit hätte erhöhen können: Luft, Wasser, Boden und die den Kranken umgebenden Gegenstände können ihre Beschaffenheit durch tausend gleichgültige Materien in weit greifbarerer Weise ändern als durch die Berührung und Aufnahme der Krankheitsstoffe. Nicht viel reichere Früchte

unserer Erkenntniss, wenn auch einige, haben wir bis jetzt durch die so mühsamen Versuche geerntet, lebende Thiere zum Zwischenmedium und Reagens für die organisirten Krankheitsgifte zu wählen. Die erzielten Abweichungen in den Lebenserscheinungen dieser Versuchstiere waren, wenn nicht sichtlich durch die groben Manipulationen der Einimpfungsversuche bedingt, so zweideutig, sicher aber von den Symptomen der menschlichen primären Erkrankung so abweichend, dass ein grosses Maass von gutem Glauben dazu gehört, in ihnen die Wirkungen des vermuteten Krankheitsstoffes wieder zu erkennen. Auch hier haben positive Resultate (wie z. B. die Aufnahme der Recurrensspirochäte Seitens der Halbaffen) mit Sicherheit auf die Nothwendigkeit verwiesen, bisher nicht erforschte Beziehungen des Menschen zu Versuchstieren auszudenken und zur Benutzung heranzuziehen.

Wir können nach diesen Erwägungen derjenigen Art von Entdeckungen über organisirte Krankheitsgifte, welche, auf einer Reihe unbewiesener Zwischenhypothesen fußend, in jedem noch nicht beschriebenen demonstrablen und reproduktionsfähigen Parasiten einen Krankheitskeim zu erkennen wähnte, kein besonderes Verdienst für die Erledigung dieser Frage zuerkennen. Die Unsumme experimenteller Arbeit, welche hierbei zur Anwendung gekommen ist, kann an sich nicht als ein solches Verdienst proclamirt werden. Sie erweist sich vielmehr als auf unbeabsichtigten eingeschlichenen Deductionen und auf falscher Fragestellung beruhend, als vergeudet — und wird leider noch lange eine wüste Lage von Schutt darstellen, der für jedes Theilgebiet, welches einer anhypothetischen Bearbeitung zugänglich gemacht werden soll, erst abgeräumt werden muss. —

Auch die Bestrebungen, die Luft als Trägerin und Aufbewahrerin von Krankheitsstoffen, als ein Medium der Ansteckung zu charakterisiren, haben theils sehr weitdeutige inductive Thatsachen, theils mehrere schlecht abgeleitete Voraussetzungen zum Ausgangspunkt genommen. Die Erfahrung, dass es sichtbare mit Flugapparaten ausgestattete Pflanzenkeime giebt, welche auf meilenweite Entfernungen hin mit Benutzung der Luftbewegungen zu Vermittlern neuer Ansiedlungen der betreffenden Pflanze werden, die unbestreitbare Thatsache, dass sich eine Unzahl aller möglichen Staubbestandtheile der Atmosphäre weit von ihrem Ursprungsorte wiederfinden,

erhielten plötzlich eine ganz besondere Bedeutung, als die Meinung von der staubförmigen Natur der organisirten Krankheitsstoffe sich immer allgemeiner zu befestigen begann. Dass sie nicht Gase und nicht einfache chemische Gemische sein konnten, stand ja fest; dass viele bekannte Mikroparasiten, besonders Spaltpilze, den grössten Theil ihres Wassergehaltes verlieren — eintrocknen — und dabei doch ihre Reproduktionsfähigkeit bewahren können, war ebenfalls durch Versuche mit diesen Spaltpilzen demonstabel. Jedoch hätte man sicher Anstand genommen, die damals noch kaum discutirten Variationen in der Tragkraft der Luft und die dürftigen Erfahrungen, welche man über den Uebertritt trocknender oder getrockneter kleinster Partikelchen in eine Luftströmung auch in der jüngsten Vergangenheit noch hatte, auf Krankheitskeime anzuwenden, wenn nicht zwei andere Thatsachen sich zur willigen Ausbente für die Rolle, welche der Luft hier aufgetragen wurde, hergegeben hätten.

Die eine dieser Thatsachen fusste auf Erfahrungen, welche man bei der Behandlung ansteckender Krankheiten gemacht hatte. Wo jede Berührung, jede Möglichkeit einer andersartigen Uebertragung absolut ausgeschlossen schien, waren bei Wundaffectionen, exanthematischen Krankheiten u. a. unzählige Fälle von Ansteckungen erwiesen; wie konnten, fragte man, diese stattgefunden haben, wenn nicht durch die Luft? — Es ist vollkommen erklärlich, dass man die Luftansteckung so lange widerspruchslos respectirte, als man sich „gasförmige Miasmen“ gefallen liess. Nachdem indess diese, wenigstens soweit Miasma und Ansteckungsstoff begrifflich zusammenfallen sollen, als Unding nachgewiesen waren, wäre eine vorurtheilsfreie Revision auf die ansteckenden Eigenschaften der Luft sehr zeitgemäß gewesen und wäre wohl unbedingt auch eingetreten, wenn nicht inzwischen andere Thatsachen die deutlich hervortretenden Lücken anscheinend vortrefflich ausgefüllt hätten.

Diese zweite Reihe widerspruchsloser Beobachtungen fusste auf den Staubuntersuchungen Ehrenberg's und seiner Nachfolger. Das Vorhandensein zahlloser mikroskopischer Keime in der Luft stand über allem Zweifel erhaben da. Jedem Kinde konnte man nicht blos jene Bruchstücke von Infusorien, jene Fragmente von Pflanzen, sondern selbst Pollenkörperchen von Malvaceen, Epilobium etc. — Infusorieneier, Sporen niedriger Pflanzen demonstrieren. Man konnte diese und viele andere Staubbeimengungen

der Luft, sei es im Freien, sei es in geschlossenen Räumen auffangen, man recognoscirte sie unter dem Mikroskop, zeichnete sie und freute sich dieser Spuren eines bisher nur geahnten Lebens. — Es konnte nicht ausbleiben, dass man die bei ansteckenden Krankheiten gemachten Erfahrungen und die Objecte der Aëroskopie mit einander in Beziehung brachte und sie im Sinne gegenseitiger Sicherung und Bedeutsamkeitssteigerung auf einander wirken liess. Während aber vorsichtige Forscher noch den Antheil der Hypothese richtig abzuschätzen wussten und sich darauf beschränkten, von den „unsichtbaren Feinden in der Luft“ zu reden, gingen solche, die mit dieser Eigenschaft nicht ausgestattet waren oder sich derselben bei „so greifbaren Thatsachen“ überhoben meinten, gleich viel weiter. Besonders als man glaubte, in dem berühmten Mémoire Pasteur's „Ueber die organisirten Körperchen, welche in der Atmosphäre existiren“ entscheidende Beweise für die unabdingte Bedeutung dieser Körperchen bezüglich des Gährungs- und Fäulnissprozesses gefunden zu haben, schien es ja ganz logisch, dass man nur die Staubkörperchen aus der Umgebung von Kranken aufzufangen brauchte, um unter den anderen die Krankheitserreger bei der ihnen nachgesagten Deutlichkeit und Sinnfälligkeit herauserkennen zu können.

Diese Hoffnungen, noch genährt durch einige gelungene Uebertragungen sichtbarer Pilze durch die Luft, regten grosse Reihen von Untersuchungen an, welche leider mit derjenigen Kritiklosigkeit unternommen wurden, welche in der Mikroparasitenfrage fast Regel geworden ist. Wir denken hierbei nicht an die Hallier'schen Scheinerfolge und Irrthümer, sondern an solche viel neueren Datums. Nicht weniger bedenklich z. B. wie jene sind die von Miquel im Observatorium des Parkes zu Montsouris bei Paris angestellten und in den Comptes rendus der Akademie der Wissenschaften 1878 publicirten Untersuchungen. Was hilft eine wiederholte Constatirung des Factums, dass aus einem durch ein Aëroskop gesogenen Cubikmeter Luft sich 500 oder 5000 oder 12000 „Sporen von Schimmelarten und Spuren cryptogamischer Pflanzen, Fructificationsorgane von Pilzen und Algen“ abfiltriren lassen, wenn nicht einmal die Fragen zur Berücksichtigung kamen, ob denn diese Sporen und Spuren noch vermehrungsfähig waren? Welches Recht hat man, von „Mikroben und Mikrogermen“ vor Fest-

stellung der Keimfähigkeit auch nur zu reden, — und wie kann man gar an Krankheitskeime denken, wenn nicht einmal diese dürftige Wechselwirkung mit irgend einem ernährenden Medium, geschweige denn eine höhere Beziehung (Fermentation, Gährung, Fäulniss) zur Sprache gekommen war. Ebenso wenig vorüberlegt und auf der gleich naiven Fragestellung beruhen die soviel und so unverdient erwähnten aëroskopischen Versuche von Lewis und Douglas Cunningham in Calcutta. Die mehr als 10000 Einzelexperimente, in welchen diese Herren den Staub in den Höfen und Räumlichkeiten von Indischen Lazarethen und Gefängnissen mit Maddox' Windflügel-Aëroskop auffingen und seine Bestandtheile auf 14 Tafeln abbildeten, ergaben angeblich „keinen Zusammenhang zwischen den Zahlen der in der Luft befindlichen Bakterien, Sporen etc. und dem Vorkommen von Diarrhoe, Dysenterie, Cholera, Ague oder Dengue, noch zwischen der Anwesenheit oder Häufigkeit irgend einer Species oder Zellform und dem Vorherrschen einer jener Krankheiten.“ (!)

Wenige Betrachtungen werden es dem Leser nahe legen, dass diese negativen Erfolge weder für noch gegen die parasitäre Krankheitstheorie etwas beweisen, sondern nur die Nothwendigkeit, anders und richtiger zu fragen. Schon wenn die Frage blos lautete: „Sind Keime (entwickelungs- resp. reproduktionsfähige Materien) in der Luft?“ — musste für die experimentelle Nachweisung der Entwicklungsfähigkeit gesorgt werden. Für die Frage nach Krankheitskeimen aber war die Neuerzeugung eines analogen Krankheitsfalles und die ausschliessliche Herkunft des Keimes von dem Ort seiner Entstehung oder seiner früheren Wirksamkeit zu erbringen.

Die Schwierigkeit, in einem aus der Luft aufgefangenen Körpchen einen Krankheitskeim zu erkennen, ist so gross, dass man sich meistens mit getheilter Arbeit hat begnügen müssen. Ein Theil der Forscher hat organische Substanzen, welche einem kranken Körper entnommen waren, in die Luft verstäubt, empfängliche Medien, also Versuchsthiere, den Einwirkungen einer so verunreinigten Atmosphäre ausgesetzt und die an diesen Versuchsthieren etwa auftretenden Krankheitserscheinungen als Folgen der verstäubten Substanzen in dem Sinne aufgefasst, dass nicht eine mechanische,

sondern eine infectiöse Beschädigung der Erkrankung zu Grunde lag. Die Experimente über Inhalationstuberkulose haben alle Angriffspunkte, denen diese Methode ausgesetzt ist, oder doch wenigstens einen grossen Theil derselben, in ein grettes Licht gesetzt. Der Leser erinnert sich ihrer aus den Erörterungen zwischen Lippl und Tappeiner auf der einen und Schottelius auf der anderen Seite. Die Neigung gefangener und sonst unter abnorme Lebensbedingungen versetzter Thiere zu käsigen Gewebsdegenerationen ist zwar bei Hunden nicht so ausgesprochen wie bei Kaninchen, ihre Fresslust konnte möglicherweise durch besondere gutes Futter, die Gasmischung der Käfigluft durch besonders künstliche Ventilationsvorrichtungen so normal erhalten werden, dass nur die Staubbeimengung zur Wirkung kam. Aber eindeutig waren diese Versuche deshalb noch nicht. Vieles mahnte in den Controlversuchen von Schottelius an die rein mechanischen Staubeinathmungsbeschädigungen, und der Einwand, dass die Hunde nachher die beschmutzten, resp. den Verstäubungsverunreinigungen ausgesetzten Wände ihrer Käfige geleckt und sich so nicht mittelst der Luft, sondern mittelst verschluckter Substanz infizirt hätten, konnte auch nur theilweise beseitigt werden. Gleichen Bedenken unterliegen beispielsweise solche Experimente, in denen man Thiere tagelang über Typhusstühlen atmen liess oder Affen siebartige Behälter mit Pockenkrusten zum Spielen gab etc. Das Erkranken derartiger Versuchsindividuen konnte fast ausnahmslos noch mit einer Reihe von Nebenmonenten in Beziehung gebracht werden, deren vollständiger Ausschluss eben platterdings unmöglich war. — Wie wenig verwerthbar im exacten Sinne die klinischen Erfahrungen über Luftansteckung sind, werden wir noch Gelegenheit haben zu beleuchten.

Trotzdem schien es denkbar, von der anderen Seite aëroskopische Versuchsergebnisse zum Entgegenkommen auszunützen, wenn sie mit verbesserten Methoden unternommen wurden. Einen entscheidenden Schritt auf diesem entgegenkommenden Wege that F. Cohn durch die Klarstellung der Aufgabe, vor allem die Keimfähigkeit aufgefangener Staubbestandtheile zu erweisen. Man musste suchen, entwickelungsfähige Stäubchen zur Entfaltung dieser Thätigkeit zu zwingen. Dass diese Aufgabe nicht zu den leichten gehört, ist Jedem klar, der von den eigenartigen Beziehungen der Nährmedien zu den Mikroparasiten Kenntniss genommen hat. Oft

sind es ganz unbedeutende Abweichungen in der chemischen Zusammensetzung, oft eine relativ geringe Differenz der Temperatur, oft noch ganz unbekannte Verschiedenheiten, welche eine Nährsubstanz zur Aufnahme und eine andere sonst ganz gleichartige zur Abweisung der ihr dargebotenen Keime befähigen. Nur wenige leitende Gesichtspunkte konnten daher stets für die Bereitung und Handhabung keimauffangender Nährflüssigkeiten im Auge behalten werden; und wenn eine Keimentwickelung nicht stattfand, konnte irgend eine störende Eigenschaft der dargebotenen Substrate mit eben so grossem Recht beschuldigt werden, wie die Abwesenheit oder Degeneration der Keime. Aus diesen Gründen war das Ausbleiben einer Reaction am Medium gar nicht zu verwerthen; das Eintreten dieser Reaction — in den meisten Fällen die Trübung der Nährflüssigkeit durch die Organismenvermehrung — war aber auch nur unter einer sehr erschwerenden Bedingung ein reeller Versuchserfolg. Nur dann nehmlich, wenn eine anderweitige Keimverunreinigung der Medien mit unanfechtbarer Sicherheit ausgeschlossen werden konnte. Die Erfüllung dieser letzteren Bedingung hat auch unter den geschicktesten Händen und der wachsamsten Controle noch Schwierigkeiten; doch konnte sie einem so vorsichtigen und erfindungsreichen Forscher, wie Cohn, nicht schlechthin unerreichbar sein. — Dagegen erwiesen sich die Anstrengungen, ein zur Entwicklung zwingendes Medium ausfindig zu machen, lange Zeit als erfolglos. Die durch allerlei theoretisch componirte Nährlösungen gesogenen (in ihnen gewaschenen) Luftmassen verschiedener Räume bewirkten an ihnen oft keine Veränderungen, oft solche, die auf weit gröbere und landläufigere Organismen, als die vermuteten Krankheitskeime es sein konnten, zurückzuführen waren. — Die neuesten nach dieser Richtung von Cohn angeregten Versuchsreihen arbeiteten nun mit einer wesentlichen Verbesserung, indem sie den verschiedenen zu erwartenden Keimen gleichzeitig verschieden constituirte Nährmedien darboten, also gleichsam den mit dem Luftstrom anlangenden Organismen eine Auswahl gestatteten zwischen einem mehr oder weniger günstigen Ansiedlungsboden. Man präparirte¹⁾ eine mineralische Nährlösung aus saurem phosphorsaurem Kali, schwefelsaurer Magnesia,

¹⁾ Dr. Miflet aus Kiew führte diese Versuche unter F. Cohn's Leitung 1878 aus. S. Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Bd. III. S. 123.

neutralem weinsteinsaurem Ammoniak und Chlorcalcium als Nährlösung A, eine zehnprozentige Malzextractlösung als B, eine einprozentige Lösung von Liebig'schem Fleischextract als Nährflüssigkeit C. Es war recht schwer, die beiden letzteren Nährösungen zu sterilisiren, d. h. alle in ihnen möglicherweise präexistirenden Organismenkeime zu tödten. Doch blieben für den Luftdurchtritt vorbereite und mit diesen Lösungen gefüllte Glaszyylinder dann von jeder spontanen Trübung frei, wenn man sie 90 Minuten im Papin'schen Topf gekocht hatte, während ihre Nähr-eigenschaften (durch die auf Einimpfung von Keimen eintretende Trübung nachweisbar) erhalten waren. Es wurde nun mehrere Stunden hindurch Luft, ca. 150 Liter pro Stunde, mittelst einer Wasserstrahlluftpumpe durch diese verschieden gefüllten „Nährzyylinder“ hindurchgesogen, und zwar die Luft der Arbeitszimmer des pflanzenphysiologischen Instituts, des Sectionszimmers der pathologischen Anatomie, des Operationszimmers der chirurgischen Klinik und endlich die Luft einer Station für Flecktyphuskranke. Stets fanden Controlexperimente in der Weise statt, dass neben den der Lufteinsaat frei zugänglichen Nährzylin dern andere aufgestellt waren, zu welchen die Luft erst nach Passage starker Wattebäusche Zutritt hatte. Nur wenn diese Controlezyylinder klar blieben, keine Keimvermehrung zeigten, sah man die in den anderen auftretenden Veränderungen als eine Folge der Lufteinsaat an. — Das pflanzenphysiologische Laboratorium lieferte eine Luft, welche die mineralische Nährlösung A klar liess, die Lösungen B und C trübte. Als Ursache dieser Veränderung erwies das Mikroskop massenhaftes Vorhandensein verschiedener *Micrococcus*- und *Bacillus*-arten. Der aus dem pathologisch-anatomischen Sectionszimmer angesogene Luftstrom verunreinigte A in der Weise, dass eine von sehr kurzen, feinen, unbeweglichen Bacillen herrührende Trübung entstand; B enthielt ähnliche Bacillen, z. Th. gekörnten Inhalts, auch Exemplare eines grossen ovalen *Micrococcus* und *Sarcinepilze*; C war erfüllt mit dicken kurzgliederigen Bacillen in Fadenform, in deren Inneren sich eine Sporenentwicklung vorzubereiten schien. Die Luft des chirurgischen Operationszimmers gab für A zur Entwicklung zooglöaartiger Massen, für B und C zur Bildung einer grösseren *Micrococcen*-art die Keime her. Der Luftstrom der Flecktyphusstation durchstrich die Nährösungen ohne Erfolg; er war nehmlich mit Carbolsäuredämpfen überladen. — Als man mit den

in den anderen Versuchsreihen aufgefangenen und als keimfähig erwiesenen Organismen Kaninchen (durch Einspritzung) impfte, traten Erkrankungen irgend welcher Art nicht ein.

Es kommt vor Allem darauf an, die positiven und negativen Resultate richtig zu erklären. Hinreichend festgestellt wurde durch die Versuche, dass keimfähige Körperchen — Organismen — durch den Luftstrom in die Nährösungen gelangten und zur Entfaltung ihrer Entwicklungstüchtigkeit im Brutkasten genötigt werden konnten. Um sie als Krankheitskeime anzusprechen reichten weder die morphologischen Merkmale der entwickelten Mikroorganismen, noch die Wirkungen aus, welche sie auf Versuchsthiere ausübten. Andererseits jedoch bewies das Ausbleiben dieser Wirkungen nichts gegen ihre vermutete Qualität; denn die Versuchsthiere konnten unempfänglich oder die Infectionsmethode konnte unrichtig gewählt sein. Was die mit Carbolsäuredämpfen geschwängerte Luft der Flecktyphusstation anlangt, so kann man sich wohl die Wirkung derselben unmöglich so denken, dass die Dämpfe in der Luft mit den darin vielleicht vorfindlichen Keimen einen Kampf unternommen und die letzteren besiegt, sc. entwickelungsunfähig gemacht hätten, — sondern nur so, dass die carbolhaltige Luft die mühsam aufnahmefähig gemachten Nährösungen wieder indisponirt mache, — sie vergiftete, — so dass sie zur Niederlassung der Keime wieder ungeeignet wurden.

Man wird gern zugeben, dass auf dem eingeschlagenen Wege auch durch die aëroskopische Methode noch Resultate zu erhalten sein werden, wenn man der für die Entwicklung der Staubkeime erforderlichen Composition der auffangenden Flüssigkeiten immer näher kommt, und wenn man die Empfänglichkeit verschiedener Thierklassen und einen richtigeren Infectionsmodus als die Impfung ihn darstellt, klarer erkennen lernt. —

Doch scheint mir ein wesentliches Hinderniss entscheidender Resultate noch ausserdem in der Geringschätzung zu liegen, mit welcher man meistens den Modus der Staubzeugung und die wichtige Frage behandelt hat, unter welchen mechanischen und physikalischen Voraussetzungen der Staub sich von seiner Ursprungsstätte emporhebt, sich den Luftbewegungen überlässt, sein Verhältniss zur Luft unterbricht oder wieder aufnimmt.

Diese Beziehungen haben ältere Aëroskopiker — selbst Pasteur für viele wichtige Punkte, Douglas Cunningham ganz und gar, auch Miflet in seinen obigen Experimenten — gar zu sehr ausser Frage gelassen. Naegeli hat zuerst die fundamentale Wichtigkeit jener Vorfragen in scharfer Weise betont und zunächst in seinem grösseren Werke¹⁾ summarisch einige Erfahrungen mitgetheilt. Nach diesen können von einer Flüssigkeit oder benetzten Substanz niemals Ansteckungsstoffe in die Luft entweichen ausser durch Spritzen. Erst nach dem Austrocknen und nachdem das so entstandene Residuum der früheren Flüssigkeit durch irgendwelche mechanische Einwirkung in Staub verwandelt ist, können die Luftströmungen diese Staubtheilchen aufheben und zu einem neuen empfänglichen Nährmedium hinübertragen. Ob Spaltipilze der Oberfläche einer trocken gewordenen Substanz so lose oder so fest anhaften, dass eine Luftströmung sie fortführen kann, hängt von dem Gehalte der ehemaligen Flüssigkeit an gummiartigen oder schleimigen Substanzen ab, welche einen Klebestoff bilden können, der die Pilze an die Oberfläche festkittet. Sind gar keine derartigen Beimengungen in der Flüssigkeit vorhanden gewesen, so sind nur geringe mechanische Einwirkungen nöthig, um die getrockneten Substanzen in Staub zu verwandeln und sie der Luft preiszugeben. — Naegeli bildete auch einige Apparate ab, die er zur Herbeiführung dieser Resultate benutzt hatte. (S. Tafel V.) A ist eine doppelt gebogene Glasröhre, deren innerer zugeschmolzener Schenkel eine fäulnissfähige gute Nährlösung b enthielt, welche durch Auskochen des ganzen Apparates im Dampftopf pilzfrei gemacht (sterilisiert) war; die beiden anderen Schenkel enthielten gleichartige in volle Fäulniss versetzte Nährlösung a a'; beide Flüssigkeiten waren durch eine nur geringe Luftsicht (manchmal kaum 1 Cm. stark) getrennt. Trotzdem erfolgte niemals Ansteckung der inneren Flüssigkeit. B ist Naegeli's mehrfach gebogene Glasröhre; der Schenkel aa' ist mit Sand oder Kies gefüllt, die untere Biegung bb' enthält eine empfängliche pilzfrei gemachte Nährflüssigkeit, das offene Ende rechts ist durch einen Baumwollenpfropf c verschlossen. Der Inhalt der linken Röhre wurde mit einer faulenden Flüssigkeit benetzt. Dann wird Luft in der Richtung von links nach rechts durchgesaugt, die den infizirten Sand oder Kies bestreicht, durch die Nährlösung geht und

1) „Die niederen Pilze in ihren Beziehungen etc.“ München 1877. S. 107.

rechts austritt. Die Nährlösung blieb unverändert, der nasse Sand oder Kies gab keinen der Fäulnisspilze, mit denen er reichlich imprägnirt war, her. —

Der bei diesen Versuchen eingehaltene Gedankengang, einen bekannten Mikroorganismus einem controlirbaren Luftstrom auszusetzen und zu ermitteln, unter welchen Bedingungen er durch diesen — und zwar durch diesen ganz allein — auf ein neues hochempfängliches Nährsubstrat übergeführt, auf demselben abgesetzt und darin so zur Entwicklung gebracht wird, dass er sich sichtlich vermehrt und auf oder in dem Nährsubstrat die entsprechenden Veränderungen hervorruft — dieser Gedankengang schien mir ein so richtiger und für die Luftansteckungsfrage so bedeutungsvoller, dass ich mich ihm am Anfang des vorigen Jahres mit Eifer anschloss und sowohl im hiesigen pathologischen Institut als später in dem pflanzenphysiologischen Laboratorium zu Breslau eine recht grosse Reihe bezüglicher Experimente unternahm. Es wurde mir im Laufe derselben besonders klar, dass man die von Naegeli angegebenen — übrigens allerdings nur flüchtig skizzirten — Versuchsmethoden in sehr mannichfacher Art variiren könne und müsse, um der Aehnlichkeit mit realen Verhältnissen näher zu kommen. Die Ursprungsstätte, aus der die inficirenden Keime hervorgehen sollten, mussten einer verschiedenen Behandlung zugänglich sein, um die Grade der Trockenheit an ihnen studiren zu können; der Luftstrom musste in qualitativer und quantitativer Weise modulationsfähig sein; die Nährflüssigkeiten vor Allem waren so zu wählen, dass sie auf die Entwicklungsfähigkeit der ankommenden Keime einen zwingenden Einfluss ausübten. Auch schienen mir die Apparate einiger Verbesserungen dringend bedürftig, da das Manipuliren mit den primitiven gebogenen Glasröhren jeden Augenblick die Gefahr herbeiführt, die Nährlösungen unabsichtlich zu inficiren. — Die Anwendung und Durchprüfung aller dieser Modificationen jedoch führte mich in den meisten Versuchsreihen zu Resultaten, die denen Naegeli's sehr ähnlich oder auch wie man sich auszudrücken pflegt, „selbstverständlich“ waren. Ein Theil der in Breslau angestellten Experimente findet sich veröffentlicht in Cohn's Beiträgen zur Biologie der Pflanzen III, Heft 1; einen anderen, besonders einige Reihen der Berliner Versuche umfassenden trug ich am 19. Mai 1879 in der „Deutschen Gesellschaft für öffentliche Gesundheitspflege“ vor.

Seitdem ist die Angelegenheit der Ansteckung durch die Luft in eine neue Phase getreten: Pettenkofer legte am 3. Mai 1879 der Bayrischen Akademie der Wissenschaften Versuchsresultate von Soyka vor, nach denen „minimale Luftströmungen von der minimalen Geschwindigkeit von kaum mehr als 2 Cm. pro Secunde Fäulnisspilze von einer faulenden Flüssigkeit weggeführt haben sollten“.

Eine so crasse Disharmonie mit seinen eigenen Resultaten veranlasste Naegeli am 7. Juni zu einer Erwiderung, in welcher er eine Reihe wichtiger mechanischer Sätze über die „Bewegungen kleinster Körperchen in der Luft und in Flüssigkeiten“ derselben Akademie vortrug und ausführlich begründete. Wir müssen uns hier natürlich darauf beschränken, die wichtigsten dieser Thesen kurz aufzuführen und beginnen mit den Zuständen, welche sich für die in einer Flüssigkeit befindlichen staubförmigen Körperchen geltend machen. Es müssen vor Allem Flüssigkeiten, welche durch kleine unlösliche Körperchen getrübt sind, nicht nur strenge unterschieden werden von Molecularlösungen, sondern auch von Micellarlösungen (Gummi-Stärkelösungen u. dergl.), bei denen die Anziehung eines Micells zum anderen durch die Anziehung zur Flüssigkeit überwunden worden ist. Nur aus Molecular- (echten) Lösungen kann eine Verdunstung flüchtiger Stoffe erfolgen; schon aus einer Micellarlösung dagegen kann kein Micell in die Luft übertreten. Eine durch mikroskopische nichtlösliche Körperchen getrübte Flüssigkeit trägt diese Körperchen, so lange senkrechte aufsteigende Strömungen von einiger Stärke in ihr stattfinden. Wird die Flüssigkeit (im gegebenen Falle Wasser) ruhig, so nehmen die damit imbibirten Körperchen ein specifisches Gewicht von 1,1 und mit diesem eine constante Fallgeschwindigkeit von 0,08 Cm. pro Secunde an: eine zur Ruhe gekommene Wasserschicht von 1 M. Höhe, in welcher die Wirkungen der ungleichen Erwärmung, Erschütterung und Verdunstung aufgehoben sind, klärt sich in 1250 Secunden von den in ihr suspendirten trübenden mikroskopischen Körperchen, indem diese sich absetzen. Nur wenn diese Körperchen vielzellige Complexe bilden und durch die anhängende Luft schwimmtüchtig werden, oder wenn sie eine nichtbenetzbare Zellenmembran besitzen, cuticularisiert, verkorkt sind, tritt die Absetzung nicht ein, — und so an der Oberfläche zurückgehaltene Körperchen könnten aller-

dings auch von dieser durch Luftströme abgelöst und fortgeführt werden. An feste Körper trocknen Staubkörperchen nach den Gesetzen der stärksten Anziehung an; Klebstoffe sind gegen die Losreissung durch die Luft ein selbstverständlicher Schutz, Befeuchtung mit rein wässrigen Flüssigkeiten natürlich ein weitaus geringerer und vorübergehender. Trocken angelogene Körperchen haben nur in dem ihnen schlechthin adhärenten Luftmantel einen (schwachen) Schutz gegen das Wiederweggewehtwerden. — In die Luft erhoben können Staubkörperchen nicht durch die Stöße der einzelnen Gasmoleküle (bei den Diffusionsvorgängen) in Bewegung versetzt werden, „weil die ersten einer ganz anderen Ordnung von Körpern angehören“. Schwebend werden die Stäubchen dagegen leicht erhalten, da hierzu nicht einmal jene minimalen aufsteigenden Luftströme ganz verbraucht werden, welche ihnen das Gleichgewicht halten. Denn die — meist aus verdichtetem Wasserdampf bestehende — verdichtete Lufthülle, welche sie stets umgibt, der Luftmantel, leistet ihnen beim Schweben die Dienste eines Fallschirms von mächtiger Tragkraft. Auch die Reibung trägt noch dazu bei, ihr Fallen zu verhindern. — Alle diese Factoren müssen in Betracht gezogen werden, wo es sich darum handelt, die Grenze zwischen Steigen und Fallen kleinster Organismen zu bestimmen. Hätte man den minimalen Luftstrom genau ermittelt, der die kleinsten bis jetzt bekannten Organismen noch aufwärts bewegt, und gelänge es, mit einem schwächeren Luftstrom, wie z. B. einem dem Boden insensibel entsteigenden, trotzdem noch, eine Nährlösung zu infizieren, so würde dies allerdings beweisen, dass es noch kleinere als alle bis jetzt bekannt gewordenen Mikroorganismen giebt. Jedoch müsste hierneben der Zutritt jeder anderen als einer durch dicke Wattepfröpfe filtrirten Luft ausgeschlossen sein, eine Bedingung, durch deren Vernachlässigung Soyka nach Naegeli's Meinung seine irreleitenden positiven Resultate erhalten hat. —

Das Schwanken der Ansichten über gewisse Grundfragen und die Unbefriedigtheit, welche rein theoretische Erörterungen erwecken, legte es mir nahe, eine eingehende Revision meiner Versuchsresultate vorzunehmen, dieselben durch die noch nicht publicirten Reihen zu ergänzen und in einer zweckentsprechenden Anordnung zusammenzustellen. Den Herren F. Cohn und E. Salkowski sage ich für die freundlich gewährte Benutzung ihrer Laboratorien; Herrn

Prof. Virchow für die Bereitwilligkeit, mit welcher er dem vielleicht etwas abseit liegenden Thema die Spalten seines Archivs öffnete, meinen ganz besonderen Dank.

Es scheint in jeder Beziehung vortheilhaft, die Darstellung so anzutun, dass die einfachsten Fragen mit ihren uncomplizirten Versuchsmethoden und den wie selbstverständlich klingenden Antworten der Beschreibung der complicirteren Verhältnisse vorangeschickt werden. Die Versuchsanordnungen und die Apparate werden z. Th. durch die beigegebenen Zeichnungen klar veranschaulicht. Für einen Theil der Versuche, besonders für die hinsichtlich der Keimübertragung aus Flüssigkeiten dienenden wurde der Apparat C construirt, dessen Anordnung sonst dem Naegeli'schen A-Apparat vollkommen entspricht. Jedoch ist die Füllung der (rechten) a-Schenkel mit inficiender Flüssigkeit bei letzterer Form sehr unhandlich, da die Luft nur durch Beugen und Schütteln rechts bei der eingefüllten Flüssigkeit vorbei zu entfernen ist und hierbei Verunreinigungen der unter allen Umständen frei zu erhaltenden Flüssigkeit des inneren b-Schenkels fast unvermeidlich sind, wodurch natürlich der Versuch seinen Werth einbüsst. Das leicht an der Spitze abzubrechende Hörnchen c dient also dazu, die Luft während des Auffüllens entweichen zu lassen und wird wenn der — hierdurch bequem zu regulirende — Abstand zwischen den beiden Flüssigkeiten ein gewünschtes Minimum erreicht hat, über einer Gasflamme zugeschmolzen. — In ähnlicher Weise ist D die Verbesserung von Naegeli's B. In letzterem musste die Durchsaugung der Luft mit immenser Vorsicht geschehen, wenn nicht bei dem sich durchweg gleichbleibenden Kaliber kleine Tröpfchen der inficigenden Substanz a a' mitaspirirt werden sollten. Durch die Construction der Ampulle b, in welcher sich die sterilisierte Nährflüssigkeit befindet, wird dieser Uebelstand wesentlich gemindert. Bei f ist das ableitende Glasrohr aus der frontalen in die sagittale Ebene umgebogen, was ebenso wie die geringere Höhe desselben sehr wesentlich die Füllung der Ampulle erleichtert. Müsste man hierbei dieselbe soweit nach der Infectionssseite biegen, wie es bei gleicher Höhe beider Seitenschenkel und bei gleicher Ebene nöthig wäre, so ist der Verdacht nicht ausgeschlossen, dass sich eine adhäsive Flüssigkeitsschicht zwischen Ampulle und Infectionssseite bildet und dass diese die

Uebertragung der Keime vermittelt, während man fälschlich die Luft als Medium angesehen hat.

Der Apparat E endlich ist mir durch Herrn Prof. Cohn vorgeschlagen worden. Er wurde bei den Infectionversuchen mit *Micrococcus prodigiosus* und mit dem *Bacillus subtilis* des Heues benutzt. Für diese wurde die Arzberger-Zulkowsky'sche Wasserstrahl-Luftpumpe (xyz) mit dem Hahn einer Wasserleitung in Verbindung gesetzt und sog mittelst des im Luftsaugerohr zz entstehenden negativen Drucks eine Quantität Luft ein, deren Volumen man an der aus dem Abflussrohr y strömenden Wassermenge direct messen konnte. Der Wasserstrom wurde durchschnittlich so stark gewählt, das in 10 Secunden 0,5 Liter Luft, also in einer Stunde 180 Liter Luft durch den Apparat gesogen wurden. Das Luftzuleitungsrohr wurde durch die Glasgabel v doublirt, so dass an jedes Zweigrohr derselben Apparate, welche von der aspirirten Luft durchströmt werden sollten, befestigt werden konnten. Diese Apparate bestanden je aus mehreren cylindrischen Gläsern, durch deren festschliessende Gummipropfen die den Gang der Luft durch die einzelnen Cylinder vermittelnden Glasrohre traten. Das Glasrohr der am meisten von der Luftpumpe entfernten Cylinder (aa) mündete, gegen das Eindringen fremder Keime durch einen dicken Wattebausch e geschützt, in den Luftraum des Zimmers, das andere reichte bis auf den Boden dieses „hinteren“ Cylinders. Dicht unter dem Verschluss des letzteren begann ein zweites Glasrohr, welches, zweimal rechtwinklig gebogen, schliesslich in die vorderen Cylinder (bb) hinüber leitete und zwar auf dem Boden desselben; sein unter dem Propf ansetzendes Ausgangsrohr ging in einen Zweig der Glasgabel über. So passirte der Luftstrom gleichzeitig zwei resp. drei jener Glascylinder, indem er stets den Boden des äussersten derselben zuerst erreichte, ihn durch das Ausgangsrohr verliess, auf den Boden des vorderen Glases geleitet wurde und auf diese Weise alle in den Gläsern ihm exponirten Gegenstände scharf bestrich. Die hinteren Gläser aa wurden mit inficirendem Material, die vorderen bb mit infectionsfähigen Substanzen gefüllt, deren Aufstellung mit allen erdenklichen Cautelen gegen unbeabsichtigte Contactinfection stattfand.

Wo andere Versuchsanordnungen zur Anwendung kamen, sind diese besonders beschrieben. —

Folgende Fragen gelangten unter Benützung der sogleich anzugebenden Mikroorganismenkeime zur Erledigung.

I. Trockne keimgefüllte Substanzen.

a) Giebt es Luftströme von solcher Stärke, dass dadurch von compact zusammengetrockneten, übrigens belebungsfähigen Mikroparasitenculturen Keime abgerissen und auf empfängliche Nährmedien übergeführt werden?

Kartoffelscheiben, auf welchen sehr dicke Schichten des *Micrococcus prodigiosus* seit circa einem Jahre aufgetrocknet waren, wurden in die hinteren Cylinder des Apparates E gethan, dessen vordere Gefäße mit erkalteten gekochten Kartoffelscheiben gefüllt waren. Der Luftstrom wurde gerade für diese Experimente auf 1,0 Liter in 10 Secunden verstärkt und 8 Stunden dauernd in Thätigkeit gehalten. — Nachdem die vorgelegten Kartoffelscheiben, vor Verdunstung geschützt, 4 Tage im Brutofen beobachtet worden waren, zeigte sich an ihnen keine Spur von *Micrococcen*-entwicklung. Die getrockneten Culturen, etwas befeuchtet, bewirkten bei Contact mit gleichen Medien zahlreiche und sichere Infectionen.

b) Entführen starke Luftströme von festen Substanzen, an welchen sich fest aufgetrocknete Krusten früher belebter und wiederbelebungsähnlicher Materie wahrnehmen lassen, Theile der letzteren, um sie auf adäquaten Medien abzusetzen?

Zu diesen Ermittlungen wurden Stücke Holz, Draht, kurze Glasstäbchen und festgefügte kleine Steine (Kiesel) in Fäulnissflüssigkeiten gelegt und, vor unabsichtlicher Berührung geschützt, langsam getrocknet. Die Ampulle des Apparates D wurde mit Pasteur'scher Nährlösung gefüllt und dieser in toto von etwaigen präexistirenden Keimen durch mehrstündigtes Kochen befreit¹⁾). In die resp. Infectionsservoirre aa' kamen nach einander jene verunreinigten compacten Substanzen, worauf die Eingangsöffnung durch einen genügend starken (zum Sieben der eintretenden Luft hinreichenden) Wattebausch d verschlossen wurde. Nun wurde ein

¹⁾ Es sei ausdrücklich erwähnt, dass eine ziemliche Anzahl solcher D-Apparate zur Verfügung stand, und dass ein Apparat, dessen Ampulle b einmal positiv verunreinigt worden war, nur nach ausdrücklicher Prüfung auf seine Reintegration weiter benutzt wurde.

Anfangs mässiger (um jede stürmische Aspiration und nachheriges Rückschwanken der Nährflüssigkeit zu verhindern) Luftstrom mittelst einer Bunsen'schen Fallluftpumpe von d nach c' durchgesogen, den man sehr fein reguliren und wenn sein Durchtritt durch die in der Ampulle befindliche Flüssigkeit recht regelmässig vor sich ging, beliebig verstärken konnte. — Nach mehrstündigem Luftdurchsaugen wurde der Apparat von dem Saugerohr abgenommen und sofort sein mit diesem verbunden gewesener Schenkel c' mit einer 4 bis 5 Cm. starken Schicht Glycerin gefüllt. In den entgegengesetzten Schenkel wurde der siebende Wattepfropf jetzt stark hineingedrückt. Der auf diese Weise unfehlbar luftsichere Apparat wurde in einem Brutofen von 35° untergebracht und 7—8 Tage lang beobachtet. — Niemals zeigte sich eine Spur von Trübung in der Ampullenflüssigkeit.

Hierauf wurden die mit den Krusten versehenen Infectionsmaterien schnell und nur mit geglühten Instrumenten berührt in vorsichtig mit derselben Nährflüssigkeit adjustirte Reagenzgläser gebracht und bewirkten in diesen unter Brutverhältnissen schon im Laufe von 24 Stunden starke Trübung sc. Fäulnissbakterienvermehrung. Auch die in der Ampulle befindliche Flüssigkeit wurde sofort inficirt, wenn man sie nach Beendigung des ursprünglichen Versuches einige Augenblicke mit den Infectionsmaterialien bei a' in Berührung brachte und dann wieder in die Ampulle zurückströmen liess.

c) Wie verhält sich der gröbere oder feinere Staub, den man durch mechanisches Abkratzen von den compacten Substanzen gewinnen kann, stärkeren und schwächeren Luftströmungen gegenüber?

Hierzu wurde zunächst wieder der Apparat E benutzt. In vier Versuchen wurde der Boden seiner hinteren Cylinder mit einer 2—3 Mm. hohen Schicht abgeraspelten Pulvers von einer scharfgetrockneten mit *Micrococcus prodigiosus* überdeckten Kartoffelscheibe versehen, die vorderen Cylinder mit infectionsfähigen Kartoffelstücken gefüllt, und der Luftstrom 3—5 Stunden in Thätigkeit gesetzt. Die im Brutofen beobachteten, der Infection ausgesetzten gewesenen Gefässer zeigten auf den exponirten Nährflächen bereits nach 15—18 Stunden einzelne rothe Pünktchen, die sich langsam aber sichtlich vergrösserten und in einem einzelnen Cylinder die

Zahl von 20 und mehr erreichten. Es verdient gewiss bemerkt zu werden, dass viele Pünktchen nicht auf den unteren (dem aufsteigenden Luftstrom direct zugekehrten), sondern auf den oberen, dem Verschluss zugewendeten Kartoffelflächen sassen; der Schluss, dass die mit dem Luftstrom hereingeführten Keimchen erst bei der demselben mittelst des Ausgangshindernisses entgegengestellten unregelmässigen Bewegung — Wirbel — deponirt werden, erhält durch diese Erscheinung eine schätzenswerthe Begründung. — Schon der Umstand, dass in einer Reihe später wiederholter Versuche, in denen weit schwächere Ströme (unter 0,2 Liter Luft pro 10 Secunden) zur Anwendung kamen, die Infection nicht glückte, musste den Verdacht erregen, dass die Feinheit der Staubkörnchen ein für das Gelingen nicht unbedeutendes Moment ist. Noch klarer wurde aber diese Seite der Frage, als ich diese Staubexperimente in der Weise modifirte, dass ich abgeraspelte Theilchen in der Atmosphäre eines kleinen Brutkastens zu suspendiren versuchte und diesem „Staub“ empfängliche Nährflächen exponirte. Die grössere Mehrzahl dieser Versuche missglückte; wie ich Anfangs glaubte, weil die ziemlich hohen Glasbecher, die man zur Aufnahme der Kartoffelflächen verwenden muss um ihrer acuten Austrocknung vorzubeugen, das Herfallen des Staubes hinderte. Dann, als flache mit einer Wasserschicht versehene Schalen die günstigen Feuchtigkeitsverhältnisse der exponirten Nährflächen ebenfalls garantirten und diese doch nicht angesteckt wurden, musste man daran denken, dass der Staub zu grob oder die Verstäubungsmethode zu roh sein könnte. Die letztere bestand nehmlich darin, dass in einen lockeren Baumwollensausch, durch den ein Draht ging, eine Masse des Micrococcen-pulvers (dessen Infectionsfähigkeit per contactum selbstverständlich constatirt war) aufgenommen und dieser Infectionshälter tüchtig in dem Luftraum des Brutkastens geschüttelt wurde. Vielleicht blieben die feinsten und suspensionsfähigen Stäubchen in der Watte hängen. — Ich verkürzte nun die Frist zwischen der Verstäubung und dem Herbeibringen der zu inficirenden Gefässer mehr und mehr: vergebens. — Nur wenn ich die letzteren in den Wärmeapparat brachte und dann einige Male stäubte, fand Infection statt; schon nach wenigen Secunden schien dagegen ein Absetzen des Staubes stattgefunden zu haben und der Moment des Niederlassens auf die Flächen verstrichen zu sein. Hiernach lag es nahe, so fei-

nen Staub zu machen, dass die schwachen Luftströme im Brutkasten, die hauptsächlich durch die Temperaturdifferenzen zwischen dem mittelst constanter Gasflamme erwärmten Boden und den anderen Wänden hervorgebracht wurden, ihn noch schwebend erhalten konnten. Dies gelang anscheinend. Denn als ich ganz besonders subtil pulverisiert, sehr heftig gestäubt und unmittelbar hierauf die Gefäße hineingesetzt hatte, konnte ich mittelst der Loupe auf den exponirten Nährflächen ganz kleine rothe Pünktchen entdecken. Aber — dieselben wollten sich trotz aller Vorsicht gegen Austrocknung nicht weiter entwickeln. Sie verhielten sich wie eine Micrococcusansteckung auf rohen Kartoffeln, d. h. sie waren am nächsten Tage statt sich auszubreiten spurlos verschwunden. Auf die, wie ich glaube, richtige Erklärung dieses unerwarteten Schlussresultats führten mich nun einige weitere Bemühungen, bei denen ich darauf ausging, den vermutlich am Boden des Brutkastens bei der ersten Verstäubung abgesetzten Staub, nach dem Hineinsetzen der disponirten Medien, noch einmal durch energisches Hin- und Herreiben mit pinselartigen Vorrichtungen aufzuwirbeln. Nun fanden sich nicht nur etwas grössere mittelst Loupe erkennbare Pünktchen, sondern diese zeigten auch die reguläre Weiterentwicklung. Naegeli würde hier wahrscheinlich die grössere Zahl der in den gröberen Stäubchen enthaltenen Micrococci heranziehen; ich glaube dagegen, dass hier der Umstand im Auge zu behalten ist, dass in den grösseren Stäubchen Partikelchen alter Nährsubstanz mitenthalten sind, welche durch die Berührung mit der frischen feuchten Kartoffelfläche aufquellen, consumptionsfähig werden und so das Uebergreifen auf den neuen Nährboden erleichtern. In den ganz feinen Stäubchen waren — wie man ja auch gern zugeben kann — einmal nicht genug Keime vorhanden, andererseits fehlte in ihnen die der ersten Ansiedlung günstige Mitgift an alter Nährsubstanz. — Viele Erfahrungen Seitens der Impfversuche an Thieren sind geeignet, diese Ansicht von der Bedeutung mitgebrachten Ernährungsmaterials zu unterstützen.

Es würde hiernach eine Ansteckung durch kleinste Stäubchen-keime recht erheblichen Schwierigkeiten unterliegen. Grade die practischen Erfahrungen über Krankenhausansteckungen indess schliessen, wie wir sehen werden, die Mitwirkung grösserer Staub-partikel nicht im mindesten aus.

d) Geben poröse verunreinigte Substanzen, die in ihnen muthmaasslich enthaltenen Infectionsskeime schon in Folge jener mechanischen Erschütterungen her, welche ein starker Luftstrom hervorzurufen im Stande ist?

Für die Erledigung dieser Frage wurde hauptsächlich der Apparat D in einer sehr ähnlichen Weise benutzt, wie sie unter b angegeben wurde. Doch kann ich gelegentlich der Frage nicht ganz die primitiven Versuche übergehen, welche mich zuerst auf die hier erörterten Zusammenhänge aufmerksam machten. Ich war — veranlasst durch die Zweifel, welche man an einer wirksamen Desinfection von Pesteffecten mittelst schwefliger Säure hegte — damit beschäftigt, verschiedene Zeuge mit Fäulnissbakterien zu imprägniren, sie nach dem Trocknen theils unverändert, theils durch hohe Hitzegrade oder Dämpfe von schwefliger Säure alterirt, in Nährösungen zu bringen und die etwaigen Effecte zu beobachten. In dem grösseren Brutofen, auf den ich mit meinen Arbeiten damals angewiesen war, liess einerseits ich die theils offenen, theils geschlossenen, mit Nährflüssigkeiten gefüllten Reagenzgläser brüten, welche mir bei einer anderen Versuchsreihe dienten, während andererseits ungeheure, ganz infernalisch stinkende Fäulnisscolonien, mit welchen Herr Prof. Salkowski arbeitete, in diesem Ofen einen Platz finden mussten. So sehr ich die letzteren nach meinen damaligen Auffassungen mit Hinsicht auf meine offenen Nährflüssigkeiten im Anfang fürchtete, so beruhigt wurde ich im Laufe der Zeit, als die ganz zugänglichen conceptionsfähigen Gefässer in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle trotz der mephitischen Nachbarschaft klar und oft Tage lang von jeder Infection frei blieben. Dieses friedliche Verhältniss änderte sich nun mit dem Beginn jener Trocknungsversuche, denen ich meine Kleiderstoffe unterwerfen musste; ganze Reihen der offenen Reagenzgläser wurden von nun an in jenem Ofen trübe, so dass ich für sie schlechterdings einen anderen Brutplatz beanspruchen musste. — Diese mehr zufällige, mit Naegeli's Resultaten übrigens ja ganz schlagend übereinstimmende Erfahrung musste in systematischer Weise verificirt werden, da in dem grossen Ofen alle möglichen Verunreinigungen plötzlich angebahnt sein konnten.

Der Apparat D wurde also in seinem ampullären Theile b in schon beschriebener Weise mit Pasteur'scher pilzfreier Nährflüssig-

keit, in seinem Schenkel aa' mit verschiedenen porösen Stoffen armirt, die in Fäulnissflüssigkeit getaucht und langsam getrocknet worden waren. Es handelte sich um Wollenfäden, Watte, Seidenfäden, Leinwandstückchen, Fliesspapier, Brod, Mörtel, Schwammstückchen und Bimstein. Das geringste Partikelchen der einen oder anderen verunreinigten Substanz in klare Pasteur'sche Lösung direct hineingeworfen, erregte in 24—36 Stunden darin Bakterienträbung. — Die Controle eines anderen möglichen Irrthums wurde bei den Luftsprationsversuchen dadurch ausgeübt, dass meistens gleichzeitig mit dem soeben gefüllten D-Apparat ein zweiter in Thätigkeit gesetzt wurde, der in seinem aa'-Schenkel dieselbe Substanz aber ohne Verunreinigung, d. h. vorher einer Hitze von 100—110° C. ausgesetzt enthielt. — Die meistens nur 1—1½ Stunde fortgesetzte Luftspriration ergab so unzweideutige Resultate wie möglich: die Ampullenflüssigkeit blieb klar, wenn die Substanzen nicht verunreinigt, resp. durch Hitze desinficirt waren, sie trübte sich wenn der Luftstrom über fäulnissverunreinigte Materialien gegangen war. Allerdings gaben sichtlich die einzelnen bakterienhaltigen porösen Stoffe ihre Keime mit verschiedener Bereitwilligkeit her. Der Luftstrom durfte am schwächsten sein, wenn er als Spaltpilzreservoir Wollenfäden, Schwamm- und Leinwandstückchen oder Bimstein bestrich. Ein bedeutend stärkerer musste zur Anwendung kommen, wenn der Infectionsschenkel des Apparates mit Seidenfäden (Flockseide), Watte oder Mörtel gefüllt war. Noch grösser musste die Schnelligkeit der Luft sein, wenn ihr der mechanische Effect auf Brod und Fliesspapier gelingen sollte. Selbstverständlich wird manches Misslingen auch durch die ungleichmässige Vertheilung der imprägnirenden Flüssigkeit in den einzelnen Schichten der Substanz zu erklären sein.

Im Ganzen wird man jedoch stets die Willfähigkeit poröser — vor Allem natürlich gut getrockneter — Substanzen, dem Luftstrom inficirende Partikelchen zu überlassen, als eine recht ausgesprochene zu bezeichnen geneigt sein.

II. Nasse keimgefüllte Substanzen.

a) Wird ein über die Oberfläche schwach benetzter Mikroparasitenculturen geleiteter scharfer Luftstrom durch Exemplare derselben verunreinigt?

Der Apparat E wurde so gefüllt, dass in den vorderen Cylindern frisch zubereitete empfängliche Kartoffeltheile, in den hinteren ganz mit dem rothen Micrococcusschleim bedeckte Scheiben gleicher Substanz ihren Platz fanden. Der Luftpumpenapparat wurde in gleichbleibender Stärke (0,5 Liter Luft pro 10 Secunden) in Thätigkeit versetzt. Bei dem ersten nur auf $2\frac{1}{2}$ Stunden ausgedehnten Versuche bleiben die vorgelegten Kartoffelstücke vollkommen frei. — Es kam hier wohl sicher darauf an, eine recht lange Lufteinwirkung zu bewerkstelligen. Deshalb wurde die Durchsaugung von Luft 8 Stunden oder auch noch länger ununterbrochen fortgesetzt. In den so arrangirten — sechs — Versuchsreihen war das Resultat ein ausnahmslos positives, d. h. es entwickelten sich im Brutfen auf den bestrichenen Flächen deutliche rothe Pünktchen. — Das Abreissen kleinster entwickelungsfähiger Partikelchen von der ursprünglich feuchten Fläche konnte wohl unmöglich anders erklärt werden als so, dass der scharfe trockne Luftstrom die Oberfläche theilweise austrocknete und gleichzeitig durch sein Vorbeistreichen ein compactes Zusammenkleben der entstandenen kleinen Krusten verhinderte, so dass einige derselben ihm nachgaben und fortgerissen wurden. Zu einer an Gewissheit grenzenden Wahrscheinlichkeit wurde diese Vermuthung, als dieser Luftstrom mittelst Durchleitung durch einen am äussersten Ende des Apparats eingeschalteten Wasser-cylinder constant feucht erhalten wurde. Während hierbei seine fortreissende Kraft die gleiche blieb, fiel das austrocknende Moment fort. Die der Infection ausgesetzt gewesenen Nährflächen blieben bei dieser Versuchsanordnung stets keimfrei.

Gleich negativ war das Resultat, wenn im Apparate D die unter I d in Anwendung gezogenen porösen Substanzen nicht getrocknet, sondern benetzt in dem Infectionsscheukel placirt wurden. Hier vermochte der Luftstrom selbst den Trocknungsprozess nie in dem Grade zu bewirken, dass er später getrocknete Partien hätte losreissen können. Führte man die Trocknung mittelst mässig rascher Erwärmung unmittelbar vorher aus, so waren die Resultate inconstant; Wollfäden, Watte und Fliesspapier übergaben häufig dem Luftstrom infectionsfähige Fäserchen, während besonders seitens des Bimsteins und Mörtels, der soeben noch nass gewesen war, ein Infectionserfolg in der Ampullenflüssigkeit nie erreicht wurde. Die Ergebnisse waren hier die gleichen ob verdünnter Koth oder faulende

Fleischjauche oder stark belebte Pasteur'sche Flüssigkeit zur Tränkung der Materialien angewandt wurde. Auch sehr starke Verdünnungen dieser Flüssigkeiten enthielten jedenfalls noch Klebstoffe genug, um der losreissenden Kraft der Luftströme das Gleichgewicht zu halten.

b) Unter welchen Verhältnissen können Keime, welche sich in Flüssigkeiten befinden, in die Luft übergehen und mittelst derselben fortgetragen werden?

Eine sehr grosse Anzahl von Versuchen wurde zu dem Zweck angestellt, die gelegentlich jenes Aufstellens offener Nährösungen neben Fäulnissflüssigkeiten zufällig gemachten Erfahrungen zu präzisiren. Wie man sich wohl noch erinnert, war der Erfolg meistens ein Freibleiben der Lösungen gewesen, aber doch nicht immer. Um den Grund dieser Ausnahmen zu ermitteln, variierte ich die Entfernung und Stellung faulender und gährender Flüssigkeiten zu empfänglichen Nährösungen in der mannichfachsten Weise. Unter keimfrei gemachten Glasglocken wurden die mit Nährlösung gefüllten Gefässer senkrecht, in den verschiedensten Winkelstellungen, au niveau mit den Oberflächen keimreicher Mischungen und innerhalb solcher derart placirt, dass ihre Wasserspiegel nur durch einen schmalen Glasrand von einander geschieden waren. Umsonst. — Ueberall wo die nötige Vorsicht angewandt war, schien eine Infection auf diese Weise unmöglich. Leider muss zunächst gesagt werden: schien; denn unter 12—15 Fällen war doch immer in einem eine Ansteckung erfolgt, ohne dass ich zu sagen im Stande war, ob dieselbe nun einer ausnahmsweisen Verunreinigung oder ob sie dem von Naegeli betonten „Spritzen“ zur Last gelegt werden musste. Dass dieser letztere Vorgang eine grosse Bedeutung hat, zeigten die mit dem Apparat D unternommenen Luftdurchsaugungsversuche. Befand sich im Infectionsschenkel irgend eine keimbelebte, in der Ampulle eine empfängliche Flüssigkeit, so konnte keine Modulation des Luftstromes ausfindig gemacht werden, die schwach genug gewesen wäre, um nicht beim Durchtritt durch die Infectionflüssigkeit Spritzvorgänge anzuregen. Immer lösten sich bei diesem Durchtritt Flüssigkeitssäulchen, — die vielfach an den inneren Röhrenwänden vorwärtsstrebend und wieder zurückfallend schon dem Auge wahrnehmbar waren; — immer wurde auf diese Weise eine Infection erreicht. Diese Er-

gebnisse sind selbstverständlich für unsere Frage gar nicht zu verwerthen, da sie auf Flüssigkeitstransport, nicht aber auf Luftübertragung, mit Evidenz zurückzuführen waren.

Einen gleichen Verdacht hege ich gegen die positiven Resultate, welche ich bei Durchleitung eines Luftstromes durch eine mit Keimen überfüllte Flüssigkeit von 0,1 M. Mächtigkeit erhielt. Trotzdem seien dieselben etwas ausführlicher erwähnt, weil sie beweisen, dass auf diese Weise auch sehr gut charakterisierte Formen — Sporen — aus Flüssigkeit verspritzt und durch Luftströme übertragen werden können. — Unter den sporenbildenden Bacillen hat sich in letzter Zeit der *Bacillus subtilis* der Henaufgüsse einer besonderen Beachtung erfreut. Von Ch. Bastian als abiogenetischer Organismus angesprochen, wurde er besonders von Cohn, Fitz und Brefeld näher studirt und folgender Entwicklungsgang an ihm ermittelt. Kocht man einen mittelst lauwarmen Wassers gewonnenen Aufguss von Wiesenheu, — der natürlich zuvörderst eine grosse Reihe von Mikroparasitenformen enthält, — etwa eine Stunde lang, so scheinen alle Mikroorganismen darin zerstört zu sein. Die sherryfarbene Flüssigkeit erscheint absolut klar. Dieser Zustand dauert jedoch im Brutofen kaum 20 Stunden. Nach Ablauf dieser Frist erscheint zunächst ein weissliches opakes Häutchen an der Oberfläche des Infuses, welches mikroskopisch aus länglichen eigenbeweglichen Bacillen besteht; bald erscheint die ganze Flüssigkeit durch die gleichen Körperchen getrübt, und da sich dieselben gleichsam zur Oberfläche hindrängen, entsteht an dieser eine immer massiger und pelziger werdende Haut. Es haben sich inzwischen auch deren mikroskopische Bestandtheile metamorphosirt, indem die Stäbchen in lange sich unter einander zu welligen Lockenbündeln verfilzende Fäden ausgewachsen sind. Nach weiteren 48—60 Stunden beginnt jedoch die Oberfläche und die Flüssigkeit im Ganzen sich zu klären. In den Fäden nehmlich bildeten sich, wie das Mikroskop nachweist, in dieser Zwischenzeit glänzende Körnchen, die immer markirter werden, bis schliesslich die Fäden einer schleimigen Auflösung unterliegen, und die Körnchen — Sporen — langsam zu Boden sinken. Nach einigen weiteren Tagen ist dieser Prozess beendet; die Flüssigkeit erscheint nur noch wenig getrübt, ihre Oberfläche frei und die sedimentirten Sporen bilden am Boden der Gefässe eine mässig dicke Schicht. In dieser Flüssigkeit sind sie nun

nicht mehr entwickelungsfähig, in einem nur mässig gekochten Heuinfuse würde man ihre Wirkungen von denen der noch darin präexistirenden Sporen nicht unterscheiden können. Wohl aber kann man deutliche und unanfechtbare Ansteckungen mittelst dieser Sporen erzielen in solchen Aufgüssen, welche durch mehrstündigtes Kochen im Dampftopf von allen Keimen, also auch von ihren eigenen Bacillussporen befreit — vollkommen sterilisirt wurden. Die Diagnose dieses Zustandes wird aus dem viertägigen Klarbleiben so behandelter Aufgüsse unter Brutverhältnissen gemacht. — Durch diese Vorkehrungen konnte ich also einerseits eine mit Sporen überladene Flüssigkeit und andererseits eine ganz von Organismen und Keimen befreite, aber höchst disponirte Nährflüssigkeit erhalten; mit der erstenen wurden die hinteren, mit der letzteren die vorderen Cylinder des Apparates E gefüllt. Sog man nun in gewohnter Weise die Luft an, so passirte der Strom den sporengesättigten hinteren Cylinder, ging bis auf dessen Grund, brachte durch sein Aufsteigen in Blasenform die Sporenschicht und die darüber liegenden Flüssigkeitsschichten in mehr oder weniger heftige Bewegung, verliess diesen Cylinder durch das kurze Rohr seines Ppropfens, trat in den vorderen Cylinder über und durchstrich hier auf den Boden geleitet, ebenfalls die ganze Flüssigkeitssäule der empfänglichen Nährösung um dann in das Aspirationsrohr der Wasserstrahlluftpumpe überzutreten. Bei dieser Anordnung der Versuche wurden die vorderen Cylinder stets inficiert, sowie ein etwas stärkerer Luftstrom (so dass deutliches Brodeln erfolgte) zur Anwendung kam. — In der Meinung dass dieses Ergebniss auf mitgerissene sporengesättigte Flüssigkeitsteilchen zurückgeführt werden muss, bestärkten mich ganz besonders die weiteren Versuche, welche die Bedeutung der Bildung von aufsteigenden Blasen — Luftblasen, Wasserblasen — ausser Zweifel stellen.

Zunächst hatte eine ähnliche Anordnung in den E-Apparaten, welche aber die Wasserblasenbildung ausschloss, niemals positive Erfolge. Wurde nehmlich das in den hinteren Cylinder leitende Glasrohr so verkürzt, dass es grade eben noch die Oberfläche der inficierten Flüssigkeit erreichte, so konnte der diese bestreichende Luftstrom niemals infectionsfähig gemacht werden, wie sehr man ihn auch verstärkte. Das war zwar für das Heuinfus nicht anders zu erwarten, da seine Sporen ja eine sedimentirte Schicht bildeten.

Aber auch wenn Flüssigkeiten mit gleichmässiger Bakterienvertheilung (gefaulte Fleischjauche) in dieser Weise blos bestrichen wurden, blieb jede Verunreinigung des Luftstromes durch Keime aus. Das Durchstreichen einigermaassen stärkerer Luftströme bewirkte jedesmal nach einiger Zeit Infection, die also wie man sich wohl leicht überzeugen kann, durch Spritzvorgänge herbeigeführt wird.

Durch alles dieses blieben aber noch immer jene selten und unregelmässig eintretenden Infectionen unerklärt, von denen wir ausgingen. Die bei aller Vorsicht nicht auszuschliessende Möglichkeit, dass die Glasglocken, kleinen Oefen etc. doch vielleicht selbst Keime beherbergen und sie in die Gläser streuen könnten, bewog mich schliesslich, Naegeli's A-Apparat in der oben bereits begründeten Weise zu verändern. Mit diesen C-Apparaten wurden nun Versuche ganz nach den von Naegeli angegebenen Cautelen ange stellt: der geschlossene Schenkel wurde mit Nährlösung gefüllt, das Ganze ausgekocht (diese Methode sterilisirte absolut, denn bei Füllung des anderen Schenkels mit Glycerin blieben die abgeschlossenen Nährlösungen monatlang klar). Dann geschah die Auffüllung des Doppelschenkels mit Fäulnissflüssigkeit (originale Fleischjauche, inficierte Pasteur'sche und andere inficierte mineralische Nährflüssigkeiten) derart, dass man durch das abgebrochene Hörnchen die Luft langsam entweichen liess und bei verschiedenen Abständen der Flüssigkeitsspiegel durch Zuschmelzen des Hörnchens diesen Luftaustritt beendigte; 1 Cm. Abstand war als Minimum (mit Ausschluss des Verdachtes einer Berührung der Flüssigkeiten) noch zu erreichen. Auch Abstände von 2,0, 3,0, 3,5 Cm. wurden gewählt, am häufigsten solche von 1,5 Cm. Durch sanftes Anwärmen des Doppelschenkels wurden geringe Luftströmungen innerhalb des Apparates vorsichtig hergestellt und dann die verschieden armirten Röhren unter Bruttemperatur beobachtet. — Leider waren wieder die Resultate ungleich; die Abweichung von dem so sicher gethanen Ausspruche Naegeli's: „Hier finde niemals Infection statt“ — machte mich unendlich misstrauisch gegen meine Cautelen, gegen das Auskochen, gegen alle in Betracht kommenden Manipulationen, — und doch blieben meine mit Glycerin aufgefüllten Röhren unfehlbar klar, doch musste ich mir sagen, dass in den der Luft keinen bequemen Ausweg gestattenden Naegeli'schen A-Röhren unabsichtliche Verunreinigungen viel mehr begünstigt wurden, als in den mit einer sol-

chen Vorrichtung versehenen C-Röhren. Dass Naegeli keine absichtlichen Luftströmungen durch Erwärmung hergestellt hatte, erschien mir nicht als entscheidende Abweichung, denn geringe Strömungen fanden ja unzweifelhaft auch in seinen Röhren statt.

Da fand sich endlich die Lösung des Räthsels. Als ich das Verhalten der inficirenden Flüssigkeiten des aa'-Schenkels genau beobachtete, entdeckte ich, dass viele der von mir gewählten Fäulnissmischungen noch so lebhaften Stoffwechsels fähig waren, dass in ihnen eine Gasentwickelung stattfand. Während sich in dem nach aussen führenden Schenkel nur dünne Schaumschichten anhäuften, da die einzelnen Blasen bald platzten, sammelten sich über der inneren Flüssigkeitsschicht oft ganz erhebliche Schichten von Schaum, die sich lange hielten. Beim — absichtlichen oder unabsichtlichen — Erwärmen dieser Seite des Apparats platzten sie schneller und bewirkten auf diese Weise das Hinüberspritzen von Flüssigkeitstheilchen nach der reinen Lösung b. — Weitere Control-experimente bestätigten diese Erklärung der zeitweiligen Infectionen durchaus. Wo zur Infectionslösigkeit eine blos empfängliche, nicht zu stärkeren Zersetzung geeignete Lösung gewählt wurde, ergab sich Naegeli's Resultat, — die im geschlossenen Schenkel exponirten Nährsubstrate empfingen keinen Keim. Wo ein inficirendes Medium dagegen zur Gasentwickelung und Schaumbildung neigte, genügten sehr geringe Luftbewegungen, um die Blasen zum Spritzen zu bringen und so die keimfreie Flüssigkeit anzustecken.

Uebersicht der Ergebnisse.

I. a. Ganz compact zusammengetrocknete, ob durch Contact auch noch so ansteckungsfähige Mikroorganismencomplexe geben selbst an die stärksten Luftströme keine übertragungsfähigen Keime ab.

b. Auf festgefügte Substanzen angetrocknete, in Flüssigkeiten leicht zur Entwicklung zu bringende Krusten von Spaltpilzen etc. werden von Luftströmen weder in toto noch theilweise abgerissen.

c. Gröberer und feiner Staub geht leicht in Luftströme von entsprechender Schnelligkeit über, wird von den diesem Luftstrom ausgesetzten Substanzen leicht aufgenommen und falls er aus belebungsfähigen Keimen besteht, um so sicherer und schneller zu neuen Colonien der entsprechenden Organismen entwickelt, als er neben Keimen noch Theilchen der früheren Nährsubstanz enthielt.

d. Poröse Körper verschiedener Art, welche mit keimhaltigen Flüssigkeiten verunreinigt und dann vorsichtig aber gründlich getrocknet wurden, erleiden durch stärkere Luftströme genügende Erschütterungen, um Keime enthaltende Staubtheile an die Luft abzugeben und somit diese, wie die ihr ausgesetzten empfänglichen Medien zu inficiren.

II. a. Dagegen genügt eine geringe Benetzung der porösen verunreinigten Körper, um diese Folgen zu verhindern. — Gleichmässig schleimige, nicht sehr klebrige mit Spaltpilzen bedeckte Flächen kann ein genügend lange unterhaltener Luftstrom partiell austrocknen und auch von den ausgetrockneten Stellen Partikelchen, die zur Infection genügen, mit sich führen.

b. Gleichmässige Flüssigkeiten geben darin enthaltene Keime nur an sie durchsetzende Luftströme ab, so dass jene eigentlich mittelst mechanischen Wassertransports (Verspritzen) weiter gelangen. Ueber die keimenthaltenden Flüssigkeiten hinziehende Luftströme bleiben frei, ausser wenn Schaumbildung auf der Oberfläche solcher Flüssigkeiten stattgefunden hat. In diesem Falle werden die in den Schaumblasen enthaltenen Keime mit den Flüssigkeitstheilchen auch durch schwache Luftbewegungen fortgeführt.

Es durchschaut sich leicht, wie oft gerade in Krankenzimmern Verhältnisse geschaffen werden, welche die Loslösung abgelagerten oder angetrockneten Staubes begünstigen, welche sogar zur Erzeugung von Staub geeignet sind. Ja wenn wir alle die in guter Absicht unternommenen ungeschickten Reinigungsacte überblicken, wenn wir die Betten der Kranken heftig aufschütteln, ihre durch Excrete verunreinigten Kleider im Krankenzimmer durchmustern, die Fussböden oft unter heftiger Staubbewegung fegen, die Wände und Decken trocken abstäuben und abkratzen sehen, so wird uns das Geständniss leicht, dass, wenn Infectionssstoffe im Staube enthalten sind, alles Mögliche unabsichtlich geschieht, um den Staub in recht mobilem Zustande zu erhalten. Auch manche gutgemeinte Ventilationsvorrichtung trägt zur Staubaufwirbelung und zum Transport staubförmiger Partikel von einem Insassen oder Punkte des Krankenzimmers auf einen anderen bei. Viele Ventilationsströme haben eine durchaus geeignete Stärke, um von porösen Körpern oder schaumigen Flüssigkeiten Partikelchen mitzureißen und sie in den Krankenrä-

men umherzuführen. Während nun ein ganz gleichmässig und ohne Hindernisse circulirender Strom die aufgenommenen Stäubchen auch bei seinem Austritt aus dem bedenklichen Raume mitnehmen und in's Freie entführen könnte, setzt ein im Raume erlöschender oder durch tote Punkte viel unterbrochener Ventilationsstrom seinen staubförmigen Inhalt hier und da ab und giebt so zur Entstehung ganzer Depots mehr oder weniger verdächtigen Staubes Anlass. — Der Verfasser hat sich bei einer anderen Gelegenheit¹⁾ erlaubt, die Bedenken klar zu legen, welche sich gegen die bisherige Tendenz unserer Ventilationsbestrebungen, die Luft in Krankenräumen durch stets gesteigerte neu zugeführte Luftmengen, also durch Verdünnung der etwa vorhandenen schädlichen Atmosphäre, saluber zu machen, erheben lassen. Sind Keime vorhanden, welche in Staubform deponirt, sich jedem Luftstrom von einiger Stärke willig überlassen, so nützt eine Verdünnung durch Aussenluft nicht principiell. Denn eine minimale Menge solcher staubförmigen Keime kann zur Ansteckung ausreichen, und der recht stark gewählte Luftzustrom wird nicht nur um so mehr die Keime ablösen und tragen, sondern irgendwo wird sich ihm auch sicher ein aufhaltendes Hinderniss entgegenstellen, welches, wenn empfänglich, die herangewehten Keime selbst aufnimmt und weiterentwickelt oder, wenn unempfänglich, sie doch jedenfalls präservirt und sie später empfänglichen Medien mittheilen kann. Es ist also, wie am angegebenen Orte mit Anschluss an Naegeli entwickelt worden ist, zweifellos eine Aufgabe der Krankenhausthygiene, Ventilationen nicht nach dem Prinzip der Luftmenge, sondern nach dem der Regelmässigkeit und Ununterbrochenheit der Luftströmungen einzurichten und das Stauberregen in Krankenräumen auf's Sorgfältigste zu verhindern.

Erst nach Erfüllung dieser Maassregeln wird eine richtigere Schätzung über den wahren Anteil, welchen wir der Luft als Medium der Ansteckung so bereitwillig zuzugestehen pflegen, möglich sein. Fällt eine beträchtliche Summe von Ansteckungsfällen dadurch fort, so war die Bedeutung der Luftansteckung eine grosse, bleibt dieser Effect aus, so dass staubfreie Krankenhäuser nicht saluberer sind als stauberfüllte, so muss die Sachlage anders aufgefasst werden. — Nach den bisherigen siegreichen Erfolgen, die der Ansteckungsgefahr gegenüber errungen worden sind, werden wir zu

¹⁾ Volkmann's Sammlung klinischer Vorträge, No. 179.

der Ansicht gedrängt, dass die Rolle der Luft allgemein überschätzt wurde, und dass die Bereitwilligkeit, mit der man sie so gern bei Epidemien als Vermittlerin und Trägerin von Krankheitskeimen betrachtet, auf mangelhafte Aufmerksamkeit, Denkfaulheit und Aberglauben zurückzuführen ist. Denn kein gegen die Luftverunreinigung gerichtetes Mittel wäre im Stande gewesen, die Erfahrungen über Puerperalepidemien so umzugestalten, wie die Erkenntniss der inficirenden Berührungen es vermocht hat, und wenn beim aseptischen Operationsverfahren der Spray soviel Anerkennung und Lob erntet, so weiss man sehr wohl, dass seine desinficirende Kraft sich noch mehr auf Finger und Instrumente der Operirenden, als auf die umgebenden Luftsichten richtet. Sehr mit Recht hebt aber Naegeli für alle ähnlichen Manipulationen hervor, dass man von ihnen erst an allerletzter Stelle eine Tödtung der in der Luft vermuteten Keime erwarten darf, sondern begründeter Weise nur ein Festkleben derselben, so dass sie wieder benetzt an den Umgebungen haften und eines neuen Austrocknungs- und Losreissungsprozesses bedürfen, um eventuell weitere gefährliche Luftwanderungen zu unternehmen.

Richtet sich also unser Bestreben einerseits auf das Ziel, durch Bekanntwerden mit ihrer Gestalt, ihren Wirkungen und vor allem ihrem Ursprunge die bisher unsichtbaren Feinde in der Luft ihrer drohenden Furchtbarkeit zu entkleiden, so werden uns von anderer Seite sicher plannässige Forschungen über noch nicht erkannte Modificationen der Contact infection die Hand dazu bieten, den Bereich jener unheimlichsten aller Ansteckungsarten mehr und mehr einzuziehen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel V.

- A. Naegeli's doppelt gebogene Glasröhre. b Innerer zugeschmolzener Schenkel mit einer „fäulnissfähigen guten Nährlösung“. a—a' „Die nehmliche Nährlösung, welche in Fäulniss versetzt wurde.“
- B. Naegeli's mehrfach gebogene Glasröhre zum Luftdurchtritt. b—b Fäulniss-fähige Nährlösung¹⁾. a—a' Mit faulender Flüssigkeit benetzter Sand oder Kies. c Ein Wattepropf.

¹⁾ Von Naegeli genau so wie in der Nachbildung, also offenbar mit viel zu hohen Niveaux gezeichnet, da bei der ersten Aspirationsbewegung der grösste Theil der Flüssigkeit mit herausgesogen werden muss und auch, wie von mir versucht, wirklich wird.

- C. Für die eigenen Versuche benutzte doppeltgebogene Glasmöhre. b Empfängliche keimfrei gemachte Nährlösung. a—a' Verschiedene keimenthaltende (faulende) Flüssigkeiten. c Vorrichtung zum Luftauslass.
- D. Für die eigenen Versuche benutzte mehrfach gebogene Glasmöhre. b Ampulläre Erweiterung zur Aufnahme der Nährflüssigkeit. a Poröse stark keimhaltige Substanzen in trockenem oder benetztem Zustande. c—c' Vor secundärer Infection nach dem Luftdurchtritt schützende Glycerinfüllung. d Wattepropf zur Abhaltung fremder Keime. e Gummischlauch zur Fallluftpumpe. f Biegung des Glasmöhres aus der frontalen in die sagittale Ebene.
- E. Von Cohn empfohlener, für die eigenen Versuche entsprechend modifizirter Luftdurchtritt-Apparat. x Zuleitungsrohr, y Ableitungsrohr, z Luftsaugerohr der Arzberger-Zulkowsky'schen Wasserstrahl-Luftpumpe. a—a Gefässe mit keimenthaltenden Substanzen. b—b Gefässe mit empfänglichen, keimfreien Substanzen. c—c Vor fremden Keimen schützende Watteverschlüsse. Die Richtung der Pfeile zeigt — wie bei D — den Gang des Luftstromes an.

XX.

Ueber das Auftreten verschiedener Farbstoffe im Harn.

Von A. Kunkel in Würzburg.

Unsere Kenntnisse einiger funktionell wichtiger Farbstoffe des Menschen haben in den letzten Jahren eine wesentliche Bereicherung dadurch erfahren, dass ein Zusammenhang zwischen denselben bestimmt erkannt ist. Dank den Bemühungen verschiedener Experimentatoren wissen wir jetzt, dass Gallenfarbstoff und ein wichtiger Harnfarbstoff (das Urobilin) als Abkömmlinge des Blutfarbstoffs betrachtet werden müssen, so dass wir also in den ersten das Anzeichen und zugleich das Maass für zersetzenen Blutfarbstoff besitzen.

Soweit jetzt unsere Kenntnisse über den genetischen Zusammenhang dieser verschiedenen Pigmente reichen, so wissen wir, dass Gallenfarbstoff (und Urobilin?) direct aus Blutfarbstoff unter verschiedenen Bedingungen entstehen. Ebenso ist wahrscheinlich gemacht, dass aus Gallenfarbstoff das Urobilin gebildet werden kann. Dagegen liegt keinerlei Anzeichen dafür vor, dass einer der eben geschilderten Prozesse in umgekehrter Richtung verliefe, dass also gerade Gallenfarbstoff aus Urobilin entstünde.