

H. KUHN quantitativ bestätigt werden konnte¹. Interessant ist ferner, daß die Wanderungsdoppelbrechungskonstante K_e von Gleichung (29) offenbar quantitativ aus der Strömungsdoppelbrechungskonstanten K_s [Gl. (25a)] berechnet werden kann. Auch dieser Zusammenhang ist durch die von H. KUHN ausgeführten Versuche bestätigt worden.

6. Schlußbemerkung

Wir sehen, daß man auf Grund solcher Betrachtungen über das statistische Verhalten von Fadenmolekülen eine große Anzahl von Eigenschaften quantitativ behandeln und deuten kann. Die Zahl der Erscheinungen, welche sich in solcher Weise verstehen lassen, ist mit den angeführten Beispielen nicht abgeschlossen. Die Diskussion weiterer Effekte, wie etwa das Verhalten von gequollenen Systemen kann, worauf wir hier nicht mehr eingehen wollen, mit demselben Erfolg behandelt werden.

Es sei aber zum Schluß erwähnt, daß es neben Zuständen, in welchen hochpolymere Fadenmoleküle die statistische Knäuelgestalt besitzen, auch Zustände gibt, in welchen diese Knäuelgestalt nach der einen oder andern Richtung hin aufgegeben wird.

Bei der Zellulose, am Seiden- oder Wollfaden, sowie bei stark gedehntem Kautschuk ist das Auftreten von Kristallstrukturen oder kristallnahen Strukturen bekannt. Es treten hier *richtende Kräfte* auf, welche das Fadenmolekül veranlassen, aus der unregelmäßigen statistischen Gestalt in einen linear geordneten Zustand überzutreten.

Bei den wässrigen Lösungen vieler Eiweißstoffe an-

¹ H. KUHN, Diss. Basel 1944, noch unveröffentlicht.

dereits ist beispielsweise auf Grund der Sedimentationsgeschwindigkeit im Schwerefeld der Ultrazentrifuge das Vorliegen in sich zusammengeballerter, praktisch lösungsmittelfreier, ungefähr *kugelförmiger Aggregate* anzunehmen. In diesem Falle sind offenbar die zwischenmolekularen Anziehungskräfte, welche zwischen verschiedenen Gliedern des Kettenmoleküls wirksam sind, wesentlich größer als die zwischen den Kettengliedern und dem Lösungsmittel (Wasser) wirkenden Kräfte, so daß eine *Zusammenballung* stattfindet. Sie ist der Bildung von Tropfen in einem idealen Gas (infolge der van der Waalschen Anziehung zwischen den Molekülen) oder der Ausscheidung von Tropfen aus einem übersättigten Flüssigkeitsgemisch an die Scite zu stellen. Aus Gründen, welche wir hier nicht näher auseinandersetzen wollen, ist es wahrscheinlich, daß der Übergang aus der statistischen Knäuelgestalt in den geordneten kristallisierten Zustand einerseits, in den Zustand einer lösungsmittelfreien zusammengeballten Kugel andererseits innerhalb eines ziemlich engen Bereiches der Zustandsvariablen erfolgt, so daß Zwischenzustände relativ selten vorkommen. Verschiedene bei strömenden Lösungen in besonderen Fällen beobachtete Effekte lassen auf solche teilweise assoziierte Zustände schließen.

Um ein vollständiges Bild zu erhalten, werden wir unsere Aufmerksamkeit nicht nur der ideal statistischen Knäuelgestalt, sondern auch diesen Abweichungen und den daraus hervorgehenden Zuständen der Zusammenballung und Kristallisation zuwenden müssen. Es erscheint daher gerechtfertigt, auf diese Fälle am Schlusse dieser Übersicht, welche dem statistisch geformten Fadenmolekül gegolten hat, wenigstens hinzuweisen.

Über pathogene Pilze, die Pflanzen und Menschen befallen

VON ERNST GÄUMANN, ZÜRICH

Die Frage, ob die Erreger von Pflanzenkrankheiten auch den Menschen und die übrigen Warmblüter befallen können und umgekehrt, hat die Bevölkerung zeitweilig sehr erregt. Als z. B. vor 100 Jahren die «Kartoffelseuche» (*Phytophthora infestans*) über Europa hereinbrach, kam die Befürchtung auf: wer von der Seuche angesteckte Kartoffeln ißt, wird ebenfalls die «Seuche» bekommen; dadurch wurde der Schaden weit über den unmittelbaren Ertragsausfall hinaus gesteigert. Mit derselben Problemstellung beschäftigten sich FRIEDEMANN, BENDIX, HASSEL und MAGNUS (1915), die das *Bacterium tumefaciens* Smith et Towns., den Erreger des bakteriellen Pflanzenkrebses, als Erreger von infektiösen Darmkrankheiten des Menschen nach-

gewiesen zu haben glaubten, FRIEDEMANN und MAGNUS (1915), die vermeintlich mit einem aus kranken Menschen gezüchteten Bakterienstamm infektiose Tumore auf Kartoffelpflanzen, Fuchsien, Pelargonien hervorriefen usw.

Eine gemeinsame Besiedlung von Mensch und Pflanze durch denselben Erreger kann jedoch von vorneherein nur als *seltenste Ausnahme* statthaben; denn in der Regel ist der Mensch gegen die *Pflanzenparasiten thermisch* und sind die Pflanzen gegen die Krankheitserreger des Menschen *chemisch geschützt*, und zwar aus den folgenden Gründen.

Die Körpertemperatur des Menschen liegt bei 37°, während das Temperaturmaximum der meisten Pflan-

zenparasiten 33–35° nicht überschreitet. Chemisch würde ihnen unser Körper sicherlich zusagen; das beweist ihr gutes Gedeihen auf Nährbouillon; aber sie werden durch unsere hohe Bluttemperatur von vorneherein (auch abgesehen von unsrer Abwehrreaktionen) an der Entwicklung gehindert. Die Möglichkeit eines derartigen *thermischen Schutzes* hat schon PASTEUR erkannt. Er fragte sich, warum die Hühner auf milzbrandverseuchten Höfen nicht erkranken. Könnte es nicht sein, daß ihre hohe Körpertemperatur (rund 42°) sie schützt? Er ließ Versuchshühner mit dem untern Körperdrittel in Wasser von 25° eintauchen, setzte dadurch ihre Körpertemperatur auf 37–38° hinunter und erhielt nunmehr bei Injektion von Milzbrandbakterien einen tödlichen Krankheitsverlauf. Wurde dagegen das Versuchstier nur bis zum Auftreten der ersten Krankheitssymptome im Wasserbad gehalten und dann herausgenommen und rasch auf 42° erwärmt, so blieb die Krankheit stehen und das Huhn erholte sich (DESCOUR, 1921). Somit ist es wirklich nur die *hohe Bluttemperatur*, welche die Hühner gegen den Milzbrand schützt.

Wie die Hühner gegen den Milzbrand, so sind also wir Menschen durch unsere Körpertemperatur gegen die meisten *Pflanzenparasiten* gefeit (*thermischer Krankheitsschutz*). Die Befürchtung von Käthi der Großmutter bei JEREMIAS GOTTHELF, die Kartoffelseuche könnte auf sie übergehen, war somit botanisch nicht begründet.

Die gegenläufige Infektion, daß pathogene Mikroorganismen des Menschen auf *Pflanzen* übergehen, scheitert ihrerseits in der Regel am *enzymatischen Un genügen* der betr. Erreger. Um Pflanzen zu befallen und abzubauen, muß ein Mikroorganismus (abgesehen von der Toleranz gegenüber der sauren Reaktion des Zellsaftes usw.) die Fähigkeit besitzen, Zellwände, insbesondere *Zellulose* aufzulösen. Hierzu sind jedoch die üblichen pathogenen Mikroorganismen der Human- und Veterinärmedizin nicht imstande; die Pflanzen sind deshalb gegen sie von vorneherein *chemisch*, durch ihre Zellulosewände, beschirmt.

Wenn jedoch ein Mikroorganismus *beide* Fähigkeiten, bei 37° zu gedeihen und Zellulose abzubauen, in sich vereinigt, dann besitzt er eine wichtige Voraussetzung, um sowohl Pflanzen als Menschen zu bewohnen. Hierfür zwei Beispiele.

Das erste, obschon allgemein bekannt, ist epidemiologisch noch nicht geklärt; es betrifft jene Strahlenpilze (Actinomyceten), welche die *Aktinomykose*, den «Knochenfraß» unserer Kieferknochen verursachen. Meist wird angenommen, daß sie außerhalb des Menschen auf Halmen und Spelzen von Getreide und Gräsern leben, und zwar *saprophytisch*, im Gegensatz zu anderen *Actinomyces*-Arten, die echt *pflanzenpathogen* sind, z. B. *Actinomyces scabies* (Thaxt.) Güß., der Erreger des *Kartoffelschorfes*. Beim Kauen von Grashalmen gelangen die menschenpathogenen Actinomyceten

(durch kariöse Zähne?) in die Kieferknochen und beginnen hier bei *Bluttemperatur* ihre *parasitische* Entwicklung; daher der doppelt so hohe Befall des männlichen Geschlechtes und der höhere Befall der Land- als der Stadtbevölkerung.

Diese Infektkette wird zwar bestritten, und es ist ein wirklicher Beweisnotstand der Humanmedizin, daß sie in derartigen Fällen auf Indizien abstellen muß und nicht, wie der Botaniker, das experimentum crucis durch Serieninfektion von einigen tausend Individuen erbringen kann. Die hochvirulenten *Actinomyces*-Stämme sind nämlich obligate *Anaerobier* und deshalb auf Grashalmen nicht ohne weiteres zu erwarten; die aëroben bzw. *fakultativ anaeroben* *Actinomyces*-Stämme, deren Vorkommen auf Gräsern tatsächlich festgestellt wurde, sind dagegen für den Menschen nur schwach pathogen und liefern bloß atypische Krankheitsbilder. Ihr Bestehen zeigt aber doch, daß es *pflanzenbewohnende* *Actinomyces*-Stämme gibt, deren obere Temperaturgrenze *über* der Bluttemperatur des Menschen liegt, so daß unser Körper nicht von vorneherein gegen sie thermisch gefeit ist, sondern in einem gewissen Ausmaß erkrankt.

Umstritten ist deshalb bloß die Frage, ob sich auch die *obligat anaeroben* und für den Menschen *stark pathogenen* *Actinomyces*-Stämme irgendwie auf Grashalmen und Getreideähren vorübergehend halten können. Der Botaniker empfindet ihre laboratoriumsmäßig obligate Anaerobie nicht unbedingt als einen zwingenden Ausschließungsgrund. Einige Dutzend *pflanzenpathogener* Bakterien sind bereits als *fakultative* Anaerobier nachgewiesen; ob es nicht auch pflanzenbewohnende *obligate* Anaerobier geben könnte, ist (dem Verfasser) nicht bekannt. Die gemeinsame Besiedlung von Gräsern (in der saprophytischen Phase) und Menschen (in der parasitischen Phase) durch Strahlenpilze, die sich unter Laboratoriumsbedingungen *obligat* anaerob verhalten, darf deshalb auch weiterhin als eine Möglichkeit unter andern *vermutet* werden.

Sauberer herausgearbeitet ist das zweite Beispiel. Es betrifft die *Aspergillosen*, d. s. Infektionskrankheiten der Pflanzen, des Menschen und der übrigen Warmblütlér, die auf Pilze aus der *Aspergillus*-Gruppe zurückgehen. *Aspergillus flavus* Link, *Asp. fumigatus* Fres., *Asp. nidulans* Eid., *Asp. niger* v. Tiegh. u. a. rufen bei uns Menschen und bei den übrigen Warmblütlérn Schimmelerkrankungen der Ohren, der Atmungswege (z. B. Inhalationsmykosen der Lungen) usw. her vor. Die gleichen Arten sind aber auch pflanzenpathogen und verursachen z. B. eine infektiöse *Chlorose* der heranwachsenden Maispflanzen (*Aspergillus flavus*; KOEHLER und WOODWORTH, 1938) und eine Infektionskrankheit der Maiskeimlinge schon im ruhenden Korn. Wenn deshalb Bauernknechte in Ställen schlafen, wo (zufällig infizierter) Futter- oder Bruchmais bzw. Mais, der wegen «Verschimmelung» zu Viehfutter deklassiert wurde, für den folgenden Tag bereitliegt, so ist die In-

fektkette für eine «Stallkrankheit» geschlossen; dies gilt auch für die einheimische Bevölkerung z. B. von Nordafrika, wo zuweilen die Menschen und die Hühner samt den Maisresten in derselben Küche hausen. Eine derartige unmittelbare Verknüpfung zwischen der Aspergillose des *Mais* und einer Aspergillose von *Hühnern* wurde u. a. durch SAVAGE und ISA (1933) in Kanada beobachtet, wo *Aspergillus fumigatus*, mit Maisilage in eine Hühnerfarm eingeschleppt, bei 400 Küken eine Lungenentzündung mit einer Mortalität von 90% verursachte.

Man wird sich immerhin fragen, ob bei dieser gemeinsamen Besiedlung von Warmblütlern und Maiskörnern zufällig sehr *thermophile Aspergillus*-Stämme vorgelegen haben oder ob die betr. Aspergillen schlechtin eine derart weite Temperaturspanne besitzen. Diese Frage wurde von unserer Mitarbeiterin Frl. FRIDA SPECKERT experimentell geprüft.

Sie kultivierte je einen aus verschimmeltem Mais isolierten Stamm von *Aspergillus fumigatus* und *Aspergillus niger* in 400 cc Erlenmeyerkolben in je 100 cc CZAPEK-DOX-Nährlösung (im Liter 3 g NaNO₃, 1 g K₂HPO₄, 0,5 g MgSO₄, 0,5 g KCl, 0,01 g FeSO₄ und 30 g Rohrzucker). Impfung aller Kolben gleichmäßig mit einer Konidiensuspension. Die beimpften Kolben wurden, um nicht schon die Keimung der Sporen thermisch zu beeinflussen, über Nacht bei Zimmertemperatur stehen gelassen und sodann in die Thermostaten gebracht,

Tab. 1. Der Einfluß der Temperatur auf den Ernteertrag (Myzel-trockengewicht) bei *Aspergillus fumigatus* Fres. und *Aspergillus niger* v. Tiegh.

Wachstumstemperatur °C	<i>Aspergillus fumigatus</i> mg	<i>Aspergillus niger</i> mg
-3	0	0
0	29 ± 1	16 ± 2
3	36 ± 3	14 ± 1
6	16 ± 2	7 ± 2
9	39 ± 3	11 ± 3
12	42 ± 2	32 ± 4
15	78 ± 9	242 ± 9
18	144 ± 12	422 ± 19
21	168 ± 15	710 ± 42
24	335 ± 16	785 ± 16
27	732 ± 41	826 ± 13
30	784 ± 16	860 ± 27
33	932 ± 12	858 ± 21
37	877 ± 28	734 ± 10
40	984 ± 24	756 ± 28
43	846 ± 40	734 ± 16
46	934 ± 23	5 ± 3
49	774 ± 48	0
52	115 ± 21	5 ± 2
55	14 ± 1	0
58	0	0

je 10 Kolben für jeden Pilz bei jeder Temperaturstufe. Ernte 8 Tage nach der Infektion durch Abgiessen in tarierte Filter, dreimaliges reichliches Waschen mit heißem Wasser, lufttrocknen lassen, nachher vierstündigiges Trocknen in Wägegläschchen bei 103° und wägen.

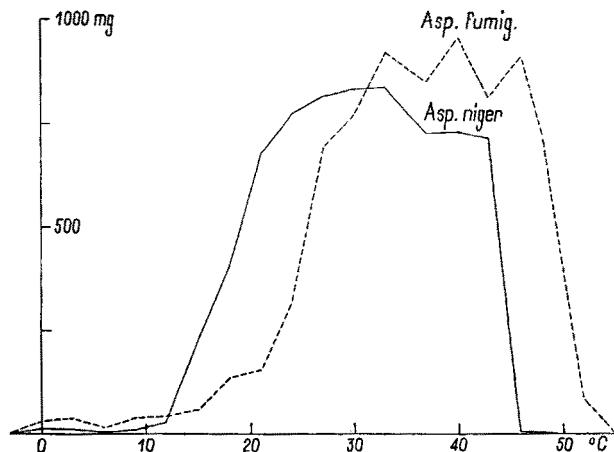


Abb. 1. Der Einfluß der Wachstumstemperatur auf den Ernteertrag von *Aspergillus fumigatus* Fres. und *Aspergillus niger* v. Tiegh. Erklärung im Text.

Die durchschnittlichen Ernteerträge sind mitsamt den mittlern Fehlern in Tab. 1 zusammengestellt und in Abb. 1 veranschaulicht. Obschon beide Pilze aus beliebigen Maisproben stammen, besitzen sie doch einen außergewöhnlich *weiten Temperaturbereich*: von etwa - 2 bis + 56°, also eine Spannweite von 58° bei *Aspergillus fumigatus*, und von etwa - 2 bis + 49°, also eine Spannweite von 51° bei *Aspergillus niger*; beide sind somit *extrem eurytherm*.

Ihr Optimum liegt sehr hoch, zwischen 33 und 46° bei *Aspergillus fumigatus*, und zwischen 21 und 43° bei *Aspergillus niger*; es umschließt also die Bluttemperatur sowohl des Menschen als der Hühner. Deshalb ist nicht wahrscheinlich, daß nur besonders *thermophile Aspergillus*-Stämme vom Mais auf die Warmblütler übergehen, sondern diese Fähigkeit kommt offenbar den betr. Arten gesamthaft zu.

Die Aspergillen bilden somit ein sicheres Beispiel jener seltenen Gruppe von Mikroorganismen, gegen welche die *Pflanzen nicht chemisch* durch ihre Zellwände usw. und die *Warmblütler nicht thermisch* durch ihre hohe Bluttemperatur gefeit sind.

Zitierte Literatur

- DESCOUR L. 1921. Pasteur et son œuvre. Paris, 296 S. — FRIEDEMANN U., BENDIX, HASSEL und MAGNUS W. 1915 (Zschr. Hyg. u. Inf. Kr., 80, 114—144). — FRIEDEMANN U. und MAGNUS W. 1915 (Ber. Deutsch. bot. Ges., 33, 96—107). — KOEHLER B. and WOODWORTH C. M. 1938 (Phytopath., 28, 811—823). — SAVAGE A. and ISA J. M. 1933 (Scient. Agric., 13, S. 341).