

7,10
1



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000299220

Beiträge

zur

Kenntnis einheimischer Pilze

Experimentelle Untersuchungen auf dem Gebiete der Pflanzpilze,
Beläge und Morphologie pilzlicher Organismen

von

Prof. Dr. E. Wiskow

Lehrer an der Kaiserlichen Universität zu Berlin

Heft 3

Experimentelle Hausschwammstudien



XXX
886

Beiträge

zur

Kenntnis einheimischer Pilze

Experimentelle Untersuchungen auf dem Gebiete der Physiologie,
Biologie und Morphologie pilzlicher Organismen

Von

Prof. Dr. C. Wehmer

Dozent an der Kgl. Technischen Hochschule zu Hannover

— Heft 3 —

Experimentelle Hausschwammstudien

Mit 14 Abbildungen im Text und 2 Tafeln

1679

F.N. 31716



Jena
Verlag von Gustav Fischer
1915

XXX
886

Beiträge

zur

Kenntnis einheimischer Pilze



5514

Prof. Dr. C. Wehm

ALLE RECHTE VORBEHALTEN

Experimentelle Hausschwammstudien



5429/50

Akc. Nr. 5429/50

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
1. Zur Biologie von <i>Coniophora cerebella</i> A. et SCH.	1
2. Der wachstumshemmende Einfluß von Gerbsäuren auf <i>Merulius lacrymans</i> in seiner Beziehung zur Resistenz des Eichenholzes gegen Hausschwamm	12
I. Versuche mit Tanninzusatz	27
II. Gallussäureversuche	29
III. Versuche mit Eichenholz	31
IV. Versuche mit Tannin-getränktem Fichtenholz	33
3. Ansteckungsversuche mit verschiedenen Holzarten durch <i>Merulius-Mycel</i>	39
Temperatur und Feuchtigkeit der Luft des Kellers im Verlauf der Versuche	47
Feuchtigkeitsgehalt der gssunden Versuchs-Hölzer	49
4. Versuche über die Bedingungen der Holz-Ansteckung und -Zersetzung durch <i>Merulius</i>	51
1. Infectionsversuche im Laboratorium und Keller	51
A. Infectionsversuche mit Reinculturen im Laboratorium	57
B. Infectionsversuche in feuchter Kellerluft	62
2. Die Ursaache des Mißfolges der Mxcelimpfungen	68
3. Einfluß des Sterilisierens	72
4. Tränkung des Holzes mit Nährstoffen	77
5. Einfluß niederer Temperatur	81
6. Unterschied von Splint und Reifholz	83
7. Bedeutung der Feuchtigkeit	85
8. Übertragung von Sporen auf gesundes Holz	90
9. Ansteckung durch wachsende Mycelrasen	94
10. Schlußzusammenfassung	96

Tafelerklärungen.

Vorwort.

Die hier vorliegenden „Experimentellen Hausschwammstudien“ sind ein im wesentlichen unveränderter Abdruck verschiedener im „Mycologischen Centralblatt“ 1912—1914 erschienenen Arbeiten¹⁾. Es handelt sich dem Titel entsprechend um experimentelle Untersuchungen, ihre Resultate bleiben also auch heute noch dieselben; die Einzelheiten sind hinsichtlich der Durchführung so ausführlich mitgeteilt, daß eine Nachprüfung ohne weiteres möglich ist. Allein die letzte der vier Arbeiten hat mich mit den erforderlichen Versuchen rund 2 Jahre beschäftigt.

Wenn auch manche Einzelfrage noch der Bearbeitung harrt, dieser oder jener Punkt überdies der Vertiefung bedarf, so glaube ich einige Hauptfragen durch diese Untersuchungen doch ihrer Lösung näher gebracht zu haben: Die Übertragung des Hausschwammes erfolgt in der Praxis — wie kaum noch zu bezweifeln ist — im wesentlichen durch vorerkranktes Holz, seine Ausbreitung innerhalb desselben Bauwerkes allein auf rein vegetativem Wege, bislang ist auch nicht eine sichere Tatsache bekannt geworden, die auf Mitwirkung der Sporen schließen läßt; alle derartigen Behauptungen erweisen sich bei genauerem Hin-

1) Mycol. Centralbl. 1912, **1**, 2—10 (1); 138—148, 166—174 (2); 1913, **2**, 331—340 (3); 1913/14, **3**, 321—332 (4); 1914, **4**, 241—252, 287—299 (4, 2. Hälfte). Die eingeklammerten Zahlen sind die Nummern der hier abgedruckten Arbeiten.

Eine Ergänzung sind folgende Mitteilungen in den „Ber. D. Botan. Ges.“: Über Resistenz des Eichenholzes: 1911, **29**, 704; 1914, **32**, 206. Keimversuche mit Meruliusssporen: 1913, **31**, 311; 1914, **32**, 254. Natur der lichtbrechenden Tröpfchen der Sporen: 1911, **29**, 483. Pigmentbildung; 1912, **30**, 321. Merulius lacrymans und M. silvester: 1912, **30**, 601.

sehen als hinfällig, sie entbehren der Stütze durch einwurfsfreie Experimente. Als solche können nur Versuche in Häusern selbst gelten, sie lassen sich hier auch unschwer durchführen. Aus reinen Laboratoriumsversuchen mit gekünstelter Versuchsanordnung ergibt sich zunächst noch nichts Sicheres für die Praxis, die Gültigkeit von Schlüssen ist für natürliche Verhältnisse erst nachzuprüfen.

Gefährdet durch den Hausschwamm sind weiterhin neben Nadelhölzern nur bestimmte Laubhölzer, keineswegs wird also jede Holzart angegriffen, der Grund dieser Widerstandsfähigkeit konnte wenigstens für das Eichenkernholz aufgeklärt werden. Höhere Substratfeuchtigkeit erwies sich als wesentliche Begünstigung der Schwamm-Entwicklung und -Wirkung, das deckt sich mit der Ansicht der Praktiker wie mit älteren Literaturangaben¹⁾. Gleiches ließ sich für den Gehalt des Holzes an wasserlöslichen Nährstoffen zeigen, sie waren Bedingung für schnelle und tiefgehende Zersetzung des Fichtenholzes.

Ein Betonen der Notwendigkeit genau durchgeführter Versuche scheint gerade jetzt, wo die Hausschwammfrage nahe daran ist, sich in bislang unbekanntem Maße in Hypothesen und wertlose Speculationen zu verlieren, nicht überflüssig, um so mehr als die experimentelle Begründung dieser in Mehrzahl der Fälle leider auf unrichtigen Beobachtungen und Feststellungen fußt.

1) Siehe R. HARTIG, Der echte Hausschwamm, Berlin 1885; 2. Aufl. bearbeitet von C. v. TUBEUF, 1902; C. MEZ, Der Hausschwamm und die übrigen holzerstörenden Pilze, Dresden 1908, wo ausführliche frühere Literatur.

C. Wehmer.

I. Zur Biologie von *Coniophora cerebella* A. et SCH.

(Mit 3 Textbildern).

Coniophora, dieser neuerdings als Schädling von Bauten in den Vordergrund des Interesses getretene Pilz, welcher leicht auf den verschiedensten Substraten zur Entwicklung zu bringen ist, zeigt durch seine ausgesprochene Neigung zu starker Luftmycelbildung eine so charakteristische Eigentümlichkeit, daß er allein dadurch schon unschwer von anderen Holzpilzen culturell unterschieden werden kann. Bedingung für Äußerung dieser Eigenart ist ein streng abgeschlossener Raum von gleichmäßiger Luftfeuchtigkeit, also Abschluß des Culturraumes von der Außenluft; man erreicht das bei Versuchen in kleineren Gläsern durch Überziehen einer Gummikappe (so in Culturröhrchen) oder Aufsetzen eines eingeschliffenen Glasstopfens; alsbald beginnt der Pilz dann mit seinem gelblichen Mycel nicht nur in den Luftraum emporzuwachsen, sondern er kriecht jetzt auch in feinen und gröbereren verästelten Strängen an den Gefäßwänden entlang, durchwächst den Wattepfropf und geht außerhalb auf jeden erreichbaren Gegenstand (Glas, Stein, Holz, Watte usw.) über. Alles das bleibt in Culturen mit bloßem Watteverschluß — falls dieser nicht besonders fest ist — aus; hier überzieht der Pilz gleich anderen Species gewöhnlich nur das Substrat. Daß unter solchen Umständen auch lufttrocknes Holz von ihm glatt infiziert wird, für diese Infection also nicht etwa Nässe desselben entscheidend ist, teilte ich bereits kurz mit¹⁾. Man kann diese Besonderheit diagnostisch verwerten, indem Reagenzglasulturen der zu prü-

1) Jahresber. d. Vereinigung f. Angewandte Botanik, 1910, Bd. 8, p. XIX, 186 u. 192, (Berlin 1911). Über eine gleiche Beobachtung des Durchwachsens von Wattepfropfen berichtete kürzlich DUYSEN, Ber. d. D. Bot. Gesellsch. 1911, 29, 460.

fenden Pilze in einem größeren Cylinderglas mit eingeschliffenem Stöpsel einige Zeit sich selbst überlassen werden; nur *Coniophora* kriecht alsbald aus ihrem Culturröhrchen, die Vegetationen von *Merulius lacrymans* SCHUM. und *Polyporus vaporarius* FR. ver-



Fig 1. *Coniophora*-Stränge, durch den Watteverschluß in Culturröhrchen anderer Pilze hineinwachsend. ($\frac{3}{4}$ n. Gr.)

ändern ihr Aussehen nicht merklich. Eben- sowenig gilt dies — wie ich feststellen konnte — für *Polyporus vul- garis* FR., *P. serialis* FR., *Paxillus ache- runtius* SCHROET., *Me- rulius silves- ter* FLCK., *M. hydnoides* P. HENNGS.

Dieser son- derbare Pilz wächst bei sol- cher Versuchs- anordnung nicht nur aus seiner eigenen Reagenzglas- cultur heraus, sondern über- dies in die etwa daneben ge- stellten Cultu- ren anderer Species hinein, sie dabei völlig überwachsend; seine Stränge kriechen durch deren Wattepfropf an der Wandung her- unter und man hat schließlich in allen Gläsern nur noch *Coni- ophora*; vier solcher infizierten Culturen der vorher genannten Pilze sind anbei wiedergegeben (Fig. 1).

Dies Verhalten gestattet direct die Identität eines zweifelhaften Pilzes mit *Coniophora* festzustellen, einstweilen ist wenigstens keine Art mit ähnlicher Eigenschaft bekannt. Da ich nur über den Pilz einer einzigen Provenienz verfügte, habe ich die Probe auf das Exempel gemacht und die *Coniophora* des Bacteriologischen Laboratoriums von KRAL mit einer mir von Herrn Prof. MEZ freundlichst überlassenen verglichen¹⁾: Beide Pilze hatten, wie sich alsbald herausstellte, tatsächlich ganz dieselbe Eigenschaft, gingen also nach Einstellen ihrer Reagenzglas-Kartoffelcultur in ein mit Glasstopfen verschlossenes Cylinderglas alsbald in cremefarbenen lockeren Strängen und ebensolchen wolligen Mycelien durch den Watteverschluß üppig aus ihren Gläsern heraus.

Offenbar ist dies Merkmal in zweifelhaften Fällen, wo es sich um Constatierung von *Coniophora* und Unterscheidung von *Merulius* handelt, gleich wichtig und zuverlässig, als etwa microscopische Kennzeichen (Schnallen, Kernzahl u. a.). Voraussetzung ist allerdings, daß der kritische Pilz noch lebt, aus dem zu untersuchenden Holzmaterial also in Cultur gebracht werden kann.

Coniophora ist in sterilem Zustande, wie er ja bei Untersuchungen gewöhnlich vorliegt — auch in Reinculturen erhielt ich bislang keine Fruchtkörper —, von den obengenannten Holzpilzarten auch sonst nicht unschwer zu unterscheiden; Farbe des gut entwickelten Mycels ist in Culturen auf Kartoffeln, Papier, Würze, Zuckerlösung stets gleichmäßig hell cremefarben bis gelblich (gegen schneeweiß der übrigen), Abänderung in ausgesprochen citronen- bis fast goldgelb (so bei *Merulius*) kommt nicht vor. Dagegen kann Verfärbung in rostbraun bis schwarzbraun auftreten, das ist die Farbe der älteren Strangbildungen, wie sie sich auf Holz, auch auf den Glaswänden der Gefäße, entwickeln. Diese Farbe stimmt beiläufig ganz mit der der Decken von *Aspergillus niger*, auch der Sporenfarbe von *Merulius* überein. Die zarten in Culturen auf Holz entstehenden Strang-

1) C. MEZ hält es für nicht ausgeschlossen, daß unter dem Namen *Coniophora cerebella* bislang mehrere gute Arten zusammengefaßt werden („Der Hausschwamm“, p. 164), ähnlich K. HOFFMANN l. c. (s. Note 2, p. 9), der mit drei verschiedenen Formen arbeitete. Ich muß diese Frage hier offen lassen.

bildungen von *Merulius lacrymans* sind nie braun, sondern farblos, grau bis gelblich, später erst dunkler, solche in Bauten bekanntlich — abgesehen von bestimmten Ausnahmen — stets aschfarben. Schwarzbraunen Strängen von *Coniophora* begegnet man in Bauten häufig, nicht nur auf alten Brettern, auch auf Mauerwerk, Ziegelsteinen usw., über 2 mm geht ihre Dicke (bei cylindrischem oder schwach abgeplattetem Querschnitt) selten hinaus. Braune Strangbildung besitzen freilich auch noch andere Holzpilze, die Farbe allein sagt also nichts aus. Auch alle Stränge von *Merulius* auf Kellerfußboden zeigen diese Farbe.

Mit der Tatsache, daß *Coniophora* in der stagnierenden Luft abgeschlossener Räume zu besonders kräftiger Entwicklung kommt, stimmt ihr häufiges Vorkommen unter nicht ventilierten Fußböden der Bauwerke gut überein, es ist der ausgesprochene Pilz des stickigen Raumes, zumal wenn dieser nicht völlig trocken ist. Da greift sie mit großer Schnelligkeit um sich und zersetzt Dielen wie Tragbalken mit ähnlicher Intensität wie *Merulius*. Allem Anschein nach ist sie früher gelegentlich als *Merulius* ausgegeben, obschon ihre Vegetation nur entfernt Ähnlichkeit mit der des Hausschwammes hat. Da sie hier aber gewöhnlich nicht zur Fruchtkörperbildung kommt, also hauptsächlich steriles leicht gelbliches lockeres Oberflächenmycel (— neben gelblichen bis braunen Strängen —) bildet, so scheint mir die Angabe der Literatur, derzufolge *Merulius* in Bauten gewöhnlich keine Fruchtkörper erzeugt, sehr wohl in diesem Sinne zu verstehen. Wo ich selbst gut entwickelten *Merulius* in Häusern gesehen habe, fehlten meist auch die Fruchtkörper nicht, alle mir bekannt gewordenen Fälle betreffen Keller, Souterrainräume und Parterrewohnungen, in oberen Stockwerken habe ich bislang nur *Coniophora* — die natürlich auch in Kellerräumen vorkommt — neben sonstigen Holzschwämmen beobachtet. Auch in schon ausgetrockneten älteren Häusern genügt ein Wiedereintritt von Feuchtigkeit um selbst in oberen Stockwerken schnelle *Coniophora*-Wirkungen auszulösen, in einem Falle sah ich den Pilz explosionsartig in allen drei Stockwerken in offener Folge eines Wasserrohrbruches auftreten, kaum ein Jahr nach dem Wasserschaden waren die Dielen und Träger zum Durchbrechen morsch (Nadelholz); vorhanden war von ihm nur graugelbliches Oberflächenmycel in mäßig reicher Entwicklung.

Einen ähnlichen Fall habe ich schon vor Jahren kurz beschrieben, hier auch selbst irrtümlicherweise den Pilz zunächst für *Merulius* gehalten¹⁾, nach den mir noch heute vorliegenden Probestücken halte ich ihn trotz einiger kleiner Abweichungen für *Coniophora*, mit *Merulius* hat er jedenfalls nichts zu tun. Hier handelte es sich um einen soeben fertiggestellten Neubau größeren Umfanges (Alters- und Invaliden-Versicherung Hannover), dessen schwere Pitch-pine-Fußböden aller Stockwerke in starker Zersetzung begriffen waren, der Überzug der morschen Dielen bestand aus einem lockeren grauen bis bräunlichen Schimmel und ebensolchen feineren Strängen. Sachverständige und Gericht hatten Hausschwamm angenommen, der Bauleiter wurde verurteilt, das Objekt war, da alles Holz neu gelegt werden mußte, ein sehr erhebliches. Fruchtkörper waren hier nirgends vorhanden, dagegen fand ich auf der Dielenunterseite stellenweise, in kleinen wolligen Nestern beisammen braune Sporen, in Verbindung mit dem Mycel, die ich 1898 als Hausschwammsporen beschrieb (l. c. p. 190). In meinen mit *Coniophora* bislang nur im kleinen angestellten Culturen habe ich solche freilich noch nicht beobachtet, C. MEZ (l. c. p. 91) gibt sie aber schon als zu *Coniophora* gehörig an, was auch mir wahrscheinlich ist; tatsächlich fand ich sie kürzlich in unten genannten Holzinfektionsversuchen. Vielleicht muß man zur Erlangung derselben also etwas größere Experimente ansetzen, auch *Merulius* bildete in kleinen Culturen (Reagenzgläser, Kolben) bislang nur Mycel²⁾, Massenculturen auf Holz in der feuchten Kammer gaben dagegen Fruchtkörper mit Sporenbildung. Sicher spielt aber Art der Nährstoffe mit.

Noch festgestellt habe ich, daß *Coniophora* von anderen Holzarten als Nadelholz, zwar Buchenholz, aber nicht Eiche angriff; auch sonst ist sie nicht wählerisch: Leinen, Papier, Watte, auf denen sie wächst, wird zermürbt, die Wattepfropfen, durch welche sie in den oben erwähnten Versuchen hindurchwuchs, fielen ebenso wie die Papieretiketten der Röhren stückweise auseinander, sind also stark zersetzt; auch hier genügt ihr die

1) „Eine zweite Sporenform des Hausschwamms“, Centralbl. f. Bakt., II, 1898, 4, 189.

2) R. HARDER beschrieb neuerdings einen *Merulius*-Fruchtkörper in einem Culturkolben (Naturw. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtschaft., 1909, 7, 428), wohl sicher eine seltene Erscheinung.

in den Gefäßen vorhandene Luftfeuchtigkeit — ohne besondere Nässe — um kräftige Wirkung zu erzielen. Die Angabe, daß dieser Pilz nur nasses Holz befällt, trifft also nicht unbedingt zu.

Solche Ansteckungsversuche lufttrockenen Holzes mit Reinculturen von *Coniophora*, von denen ich einige gelegentlich der Jahresversammlung der Vereinigung für Angewandte Botanik in Münster 1910 vorführte¹⁾, setzt man z. B. in der Weise an, daß in die oben genannten Cylindergläser mit eingeschliffenem Stopfen neben die Reagenzglas-Reincultur (etwa auf Kartoffel) Brettchen der betreffenden Holzarten eingestellt werden; es geht der aus seiner Cultur herauswachsende Pilz dann ohne weiteres auf diese über, überzieht sie dicht mit seinem gelblichen Mycel, das nach längerer Zeit stellenweise auch die charakteristische Braunfärbung annimmt, zumal gilt dies für die derberen Stränge, welche in reicher Verästelung die Innenwand des Glaszylinders bewachsen (s. Abbildung, p. 8).

Für die Versuche verwandte ich lufttrockene vom Tischler geschnittene neue Bretter (10:8 cm, bei ca. 1 cm Dicke) aus Fichten-, Kiefer-, Buchen- und Eichenholz; der Pilz macht da zunächst keinen Unterschied, von den beiden letztgenannten Holzarten wird aber nur Buchenholz auch weitergehend innerlich zersetzt (morsch), dagegen Eichenholz lediglich überwachsen; ebenso geht *Merulius* auf Eichenholz über, ohne es aber selbst nach ca. 2 Jahren merklich anzugreifen. Die Versuchsstücke von Fichte und Buche waren nach dieser Zeit ziemlich gleichmäßig so mürbe, daß sie glatt mit der Präpariernadel durchstoßen und mit dem Messer wie Hollundermark zerschnitten wurden; dagegen hatte das Eichenbrett trotz völligen Überwachsens durch Mycel und Stränge der *Coniophora* nichts von seiner ursprünglichen Härte eingebüßt. Die Bretter waren so dicht vom Mycel eingehüllt, daß erst durch Anschneiden die Holzarten erkannt werden konnten. Die von rückwärts aus der Reagenzglas-cultur erfolgende Ernährung des wandernden Mycels ist eine sehr ergiebige, in solchen Gläsern wachsen die Stränge 10 und selbst 20 cm weit an der Glaswand fort. Entfernt man jetzt den Glasdeckel, so steht die Entwicklung still, die Vegetation außerhalb des Culturröhrchens geht ein. Die Abbildung gibt zwei solcher Versuche

1) l. c. (Note 1, p. 1).

in verschiedenen Stadien wieder, Fig. 3 zeigt das Herauswuchern des Mycels durch den Wattepfropf auf die Innenwand des Glaszylinders, Fig. 2 den erfolgten Übergang der Stränge auf die Holzstücke.

Bei Gebäuden liegen unterhalb der Fußböden, falls hier Ventilation fehlt, ganz ähnliche Bedingungen vor, es bedarf dann nur eines kleinen Entwicklungsherd des unseres Pilzes etwa von einer feuchten Holzstelle aus, um eine weit ausgreifende Wucherung auf der Dielenunterseite und ihren Trägern in Gang zu bringen. Daß auch da Reparaturen allein — also ohne gleichzeitige Ventilationsanlage — unsicher sind, jedenfalls sehr gründlich sein müssen, um den Pilz nicht wieder von neuem aufkommen zu lassen, bedarf keiner Frage. Gerade für ihn liegt also in der „Stickluff“ das für sein schädliches Auftreten anstoßgebende Moment, bei freiem Luftzutritt sterben die Vegetationen auf und in Brettern schon nach nicht langer Zeit ab.

Coniophora-Infectionen sind neuerdings in wachsender Zahl festgestellt worden, von früheren Untersuchern sind sie kaum beobachtet; dies ist aber wohl — wie oben bemerkt — der Pilz, dessen Schäden nicht selten auf Kosten des *Merulius* gebucht wurden, daher die Meinung, daß *Merulius* in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle in Bauten keine Fruchtkörper ausbilde; *Coniophora* tritt da eben meist steril auf, ist aber in Gebäuden notorisch häufig, das ist heute sichergestellt. Acht Fälle aus der letzten Zeit notierte schon SCHAFFNIT im Osten des Reiches¹⁾, auch C. MEZ hat solche festgestellt (l. c. p. 165), mehrere sah ich selbst²⁾, es ist also kein Zweifel, daß wir es mit einem verbreiteten Schädling der Bauten zu tun haben. SCHAFFNIT legt noch mehr Gewicht auf die für die Entwicklung dieses Pilzes verlangte Nässe des Holzes, sie ist zweifellos begünstigend. In abgeschlossenen Räumen erzeugt er auch selbst genügend Feuchtigkeit, die in den Cylindergläsern als Tröpfchen an der Innenwand niederschlägt. Der Pilz bereitet sich so selbst seinen Boden, die Feuchtigkeit des abgeschlossenen Luftraumes wächst mit dem Umfang der Schwammvegetation, diese weiter begünstigend. Auf

1) Centralbl. f. Bact., II. Abt., 1910, 26, 910, sowie: Jahresber. d. Vereinigung f. Angew. Botanik, 7. Jahrg. 1909, 246 (Berlin 1910).

2) 8. Jahresber. Vereinigung Angew. Botanik, 8. Jahrg. 1910, 184 (Berlin 1911).

die Wasserbildung durch *Merulius* ist von MEZ besonders hingewiesen.

Die Tatsache, daß *Coniophora* in ihrem Vorkommen sich keineswegs auf Kellerräume beschränkt („Kellerschwamm“) ist



Fig. 2.

Fig. 3.

Coniophora wächst im abgeschlossenen Raum aus seinen Culturröhrchen auf danebengestellte lufttrockene Holzstücke über (s. Text p. 6). $\frac{2}{3}$ nat. Gr.

hinlänglich erwiesen, der Pilz ist da wenig wählerisch, das unterscheidet ihn gerade von *Merulius* mit seiner ausgesprochenen Vorliebe für Lokalitäten in Nähe des Erdbodens; man findet

ihn also ebensowohl im Erdgeschoß wie in oberen Stockwerken von Bauten. Bemerkenswert für die Deutung seiner Schwammfälle erscheint mir, daß P. HENNINGS¹⁾ diesen Pilz nur beiläufig, auch allein als Bewohner von „dumpfig-feuchten Kellerräumen“ (an Holzwerk, Mauern und Erdboden zur Winterszeit) erwähnt, ihn dort „zwar als schädlich, aber das befallene Holzwerk nur in beschränkter Weise und nach längerer Zeit teilweise zerstörend“ anführt, an anderer Stelle²⁾ nennt H. ihn „für das Holzwerk ziemlich unschädlich“. Sicher wird wohl HENNINGS auch Fälle angetroffen haben, wo dieser Schwamm Schädling in Wohnräumen war, vielleicht hat er solche dann eben auf das Conto von *Merulius* gesetzt, eine durch das Fehlen von Fruchtkörpern unterstützte Deutung, denn tatsächlich ist die Unterscheidung nicht leicht und sicher zu treffen. Daß *Coniophora* in umfangreicher Weise und kurzer Zeit Fußböden und Tragbalken vernichtet, ist außer Zweifel, ob Neubauten oder alte Häuser, bleibt sich gleich, dieser echte „Stickschwamm“ nimmt das Holz überall, wo er seine Wachstumsbedingungen findet.

So erwähnt auch MEZ³⁾, daß er Material dieser Pilzspecies mehrfach als Anlage bei Prozeßakten und zwar als „*Merulius*“ mitbekommen habe, kennzeichnet sie übrigens zutreffend als für Begutachtung von Pilzschäden in Häusern sehr wichtig und sah sie wiederholt unter Dielen von Erdgeschoßwohnungen. Sehr wichtig und häufig auftretend nennt sie wohl zuerst MALENKOWIC⁴⁾ (1906⁴⁾), weiterhin dann auch A. MÖLLER (1907)⁵⁾. HARTIG⁶⁾ und ebenso VON TUBEUF⁷⁾ erwähnen den Pilz früher kaum, die eigentliche Würdigung beginnt erst in den letzten Jahren. Die ersten Fälle aus der Praxis sind 1910 von SCHAFFNIT⁸⁾ genauer beschrieben, schon dieser bemängelt mit Recht die Angaben früherer Autoren, denen zufolge der Pilz nur in Kellerräumen vorkommen

1) Centralbl. d. Bauverwaltung, 1903, **23**, 243.

2) Hedwigia, 1902, **41** (237).

3) „Der Hausschwamm“, Dresden, R. Linke, 1908, 164 u. f.

4) „Die Holzkonservierung im Hochbau“, 1907, 170; auch Note 1, p. 10.

5) „Hausschwammforschungen“, Jena, G. Fischer, 1907, **1**, 44.

6) „Der echte Hausschwamm“, 2. Aufl., bearbeitet von C. v. TUBEUF, 1902, 100.

7) Handb. d. Techn. Mycologie, herausg. von F. LAFAR, Bd. III, 1906, 321.

8) Centralbl. f. Bact., II., 1910, **26**, 352.

solle, da er ihn selbst bereits in mehreren Fällen in oberen Stockwerken gefunden habe, wo die Balkenlagen bis auf ihre ganze Länge hochgradig zersetzt waren; das deckt sich also mit meinen Befunden. Auch SCHAFFNIT spricht seine Verwunderung aus, daß *Coniophora*-Schäden bislang nicht viel häufiger zur Beobachtung gekommen sind.

Schon 1906 hat sich MALENKOWIĆ¹⁾ mit dem culturellen Verhalten der *Coniophora* näher beschäftigt, sie wurde von ihm im Freien wie in Gebäuden beobachtet und als einer der verbreitetsten Holzzerstörer erklärt; anscheinend hat MALENKOWIĆ den Pilz als erster in Cultur gezogen, seine Reinculturen sind dann auch durch das KRALSche Laboratorium verbreitet worden. Derselbe gibt ebenfalls eine Reihe ernährungsphysiologischer Daten, aus denen hervorgeht, daß für diesen Pilz Ammonnitrat eine gute Stickstoffquelle, er bezüglich seiner Kohlenstoffnahrung aber wenig wählerisch ist; am besten schien d-Galactose zu sein, aber auch Dextrose (d-Glycose), d-Mannose, Maltose, Dextrin, Stärke, Cellulose verschiedener Herkunft (Baumwolle, Sulfitcellulose, Buchenholzcellulose u. a.) ermöglichten gutes Wachstum, indes Xylan, Rohrzucker minder geeignet waren, schlecht sind Arabinose und besonders Lävulose.

Es bedarf keiner Frage, daß man das Verhalten gegen C- und N-Verbindungen zur Charakterisierung und Unterscheidung auch von Holzpilzen wird heranziehen können.

Reinculturen des Pilzes gedeihen wie bei *Merulius* am besten auf festen Nährböden; Flüssigkeiten mit NH_4NO_3 als N-Quelle sind minder geeignet, die Entwicklung ist hier träge, das Wachstum erfolgt hauptsächlich submers, erst nach wochenlanger Culturdauer wird die Oberfläche erreicht, ohne stärker bewachsen zu werden. Daß Holzpilze besser auf festen Böden gedeihen, hat schon MALENKOWIĆ¹⁾ beobachtet; handelt es sich nicht gerade um das Studium ernährungsphysiologischer Fragen, so cultiviert man jedenfalls am besten auf gekochten Kartoffeln²⁾, Würze-

1) Centralbl. f. Bact., II., 1906, 16, 408. — Unrichtig ist die Darstellung bei R. FALCK (Hausschwammforschungen 3, XXXII), derzufolge A. MÖLLER zuerst auf *Coniophora* hingewiesen haben soll; die Mitteilungen von MALRNKOWIĆ erschienen bekanntlich rund ein Jahr früher.

2) Schon früher von mir hervorgehoben (Centralbl. f. Bact., II, 1909, 22, Nr. 18).

Gelatine oder -Agar, zumal Kartoffeln geben schnellwachsende üppige Vegetationen, welche durch ihre Eigenart gleichzeitig von solchen anderer Holzschwämme (*Merulius lacrymans*, *Polyporus vaporarius*) gut unterschieden werden können. Die Art der N-Quelle spielt dabei aber eine wesentliche Rolle, Würze ist z. B. ein gutes Substrat.

Das gilt nach einigen eigenen Erfahrungen für *Coniophora* in noch höherem Maße als für *Merulius*, der sich immerhin doch allmählich über die Flüssigkeitsoberfläche ausbreitet, während ich bei *Coniophora* in Dextrose-Nährlösung mit NH_4NO_3 fast nur submerses Mycel sah. Dies füllte hier den ganzen Kolbeninhalt aus; bei *Merulius* tritt submerse Vegetation mehr zurück, hier entsteht eine schneeweiße lockere Decke, und dann wächst dieser Pilz allmählich in eigenartiger Weise rundherum an den Gefäßwänden empor (Wirkung freiwerdender HNO_3 !).

HOFFMANN¹⁾ hat seine Versuche (in denen er auch Oberflächenwachstum sah) allerdings mit Flüssigkeiten gemacht, für den Ausfall kommt da wohl in Frage, daß er mit KNO_3 als N-Quelle arbeitete, auch gleichzeitig mit der Impfflocke kleine Teile des Nährbodens übertrug; MALENKOWIC tränkte sterilen Sand mit den zu untersuchenden Lösungen.

Fruchtkörper scheinen in Culturen nicht leicht zu entstehen, auch beim Auftreten in Gebäuden sind sie anscheinend selten; in einem einzigen Falle habe ich einen gut ausgebildeten Fruchtkörper auf einem feuchten morschen Balken unterhalb des Fußbodens eines Stallgebäudes gesehen (s. Fig. 4). Dem Anschein nach setzt ihre Bildung reichlichere Feuchtigkeit voraus, die in diesem Maße da, wo der Pilz in Wohnhäusern auftritt, nicht vorhanden zu sein pflegt, hier reicht es gewöhnlich nur für eine mehr oder minder ergiebige Mycelentwicklung. So leicht und schnell *Coniophora* aber aus feuchtem Holze herauszucultivieren ist, so schwer gelingt das aus bereits trockenem; gewöhnlich ist der gegen Eintrocknen empfindliche Pilz da schon tot.

Die Sporengröße maß ich hier ziemlich gleichmäßig zu 11—12: 7—8,5 μ , also ohne nennenswerte Schwankungen, sowohl

1) „Wachstumsverhältnisse einiger holzzerstörenden Pilze.“ Dissert., Königsberg 1910, 123.

frisch entnommen wie trocken, in Wasser präpariert; das stimmt mit früheren Angaben ziemlich gut überein, MEZ gibt 8—15 (meist 11—14) als Länge, 6—9 (meist 7—8) μ als Dicke, andere 12—14:7—8 μ (A. MÖLLER) allerdings auch 6—15:5—8 μ (P. HENNINGS). Die Form ist meist ellipsoidisch, in einigen



Fig. 4. *Coniophora cerebella* (Fruchtkörper auf Holz). $\frac{2}{3}$ nat. Gr.

Fällen sah ich freilich in denselben Präparaten auch solche mit ungleicher Ausbildung der Längsseiten (schwach bohnenförmig); worauf diese gelegentliche Abweichung zurückzuführen ist, steht dahin. Deutlicher als bei *Merulius* ist hier gewöhnlich das der bräunlichen Membran ansitzende farblose Spitzchen (Sterigmenende) sichtbar.

2. Der wachstumshemmende Einfluß von Gerbsäuren auf *Merulius lacrymans* in seiner Beziehung zur Resistenz des Eichenholzes gegen Hausschwamm.

(Mit 6 Textbildern.)

Die Frage, ob *Merulius lacrymans* einen Unterschied zwischen den ihm gebotenen verschiedenen Holzarten macht, wird von der neueren Literatur verneint, außer Nadelhölzern sollen auch die verschiedenen Laubholzarten — und unter diesen das der Eiche — von dem Pilz zerstört werden. Einige von mir kürzlich gesehene notorische Hausschwammfälle forderten bezüglich des Eichenholzes

zu Bedenken gegen diese Annahme auf¹⁾, sie waren dann der Anstoß, diese wissenschaftlich wie praktisch nicht unwichtige Frage näher zu verfolgen.

Die unternommenen Versuche haben bislang nur negative Resultate gegeben, sie zeigten zwar, daß *Merulius* auf Eichenholz mehr oder weniger gut oder schlecht wächst, es aber auch bei monatelanger Culturdauer innerlich nicht angreift, während er Fichtenholz rasch inficiert und in einigen Wochen vermorschte. Der Unterschied ist also tatsächlich vorhanden. Endgültig ist die Frage damit freilich noch nicht erledigt, der weitere Verfolg hat zu untersuchen, ob sich durch sehr verlängerte — mehrjährige — Versuchsdauer etwa eine Wirkung des Pilzes noch erzielen läßt, auch solche eventuell microscopisch zu verfolgen, weiterhin ob wesentliche Unterschiede zwischen Kern und Splint, Wurzel- und Stammholz bestehen, endlich ob auch noch irgendwelche sonstigen Momente (Fällungszeit u. a.) in Frage kommen können. Naturgemäß arbeitete ich zunächst mit dem für Bauzwecke in Betracht kommenden Kernholz. Für dieses entsteht aber schon jetzt die Frage, worin seine offenbar vorhandene Resistenz gegen die Wirkung des *Merulius* zu suchen ist. Liegt das an der besonderen chemischen Beschaffenheit der Wandsubstanz, dem festen Gefüge des schweren harten Holzes — gegen diese Momente spricht die Zersetzbarkeit durch andere Pilzarten — oder etwa an irgendwelchen spezifischen Inhaltsstoffen, die dem Eindringen oder auch der enzymatischen Wirkung²⁾ dieses Pilzes Widerstand entgegensetzen? Schließlich kann auch mehreres zusammenwirken. Das ist nur durch besondere Untersuchungen klarzustellen; über einen Teil derselben möchte ich hier berichten.

Eichenkernholz — nicht nur der deutschen *Quercus*-Arten — ist bekanntlich relativ reich an einer eigenartigen Gerbsäure

1) Resistenz des Eichenholzes gegen Hausschwamm (*Merulius lacrymans*) Ber. Bot. Ges., 1911, **31**, 704.

2) Tannin in Beziehung zu Enzymen überhaupt ist wiederholt discutiert (BROWN und MORRIS, VINSON, GREEN, GERBER, ASCHER, — Diastase, Invertin, Oxydase, Pepsin, Myrosin). Außer Zellwand-lösenden (Cytase, Hadromase) bildet *Merulius* noch eine Reihe anderer Enzyme (Diastase, Protease u. a.), CZAPEK, Ber. Bot. Ges. 1899, **17**, 166. KOHNSTAMM, Dissert., Erlangen 1900, u. Beihefte Botan. Centralbl., 1901, **10**, 115. Über Enzyme bei Holzpilzen: R. HARTIG, HJORT, BOURQUELOT und HÉRISSEY.

(„Gerbstoff“ der Literatur), es war also vor allem das Verhalten des Pilzes gegen solche Gerbsäuren zu prüfen, ich habe zunächst Gallusgerbsäure (Tannin) neben Gallussäure zur Untersuchung herangezogen. Tatsächlich erwies sich da, daß *Merulius* gegen beide sehr empfindlich ist. Ich schicke hier zunächst die das Eichenholz betreffenden Literaturangaben vorauf.

Schon in der weiter zurückliegenden Literatur wird das Verhalten des Hausschwamms gegen Eichenholz wiederholt erwähnt, allerdings — soweit mir bekannt — nirgend genauer behandelt. Von eigenen Infectionsversuchen spricht früher nur R. HARTIG¹⁾, doch lediglich unter summarischer Anführung der Ergebnisse. Man hat bei Durchsicht der Literatur im ganzen den Eindruck, daß die ältere, wie mir scheint, zutreffendere Ansicht allmählich der entgegengesetzten gewichen ist, wohl insbesondere auf Grund der Autorität von R. HARTIG und P. HENNINGS. Späterhin scheint dann nur MALENKOWIĆ²⁾ die Frage durch eigene Experimente geprüft zu haben. Die Darstellungen in der neueren Hausschwamm-Literatur räumen dem Holz der Eiche keinerlei Sonderstellung ein.

FRITZSCHE³⁾ sagt 1866 in seiner Abhandlung über den Hausschwamm wörtlich: „Der Schwamm erscheint unter übrigens ganz gleichen Umständen nicht an jeder Holzart gleich schnell, kräftig und üppig, und zwar vorherrschend an den mit harzigen Säften durchdrungenen Hölzern, weit seltener an den überwiegend wässrige Säfte in sich führenden; am seltensten beim Eichenholze, während andere Laubhölzer, wie die Buche, Aspe und Weide weit häufiger der Schwammbildung unterliegen, am öftesten beim Nadelholz und zwar vorzugsweise bei der Tanne und Fichte, minder häufig bei der harzreichen Kiefer.“ SCHAUDER⁴⁾ streift 1877 die Frage nur beiläufig, ausführlicher berührt sie GÖPPERT⁵⁾ 1885. Nach ihm bevorzugt *Merulius* das Nadelholz, „es ist aber zweifellos, daß er auf seinem Zerstörungswege auch Eichenholz

1) „Der echte Hausschwamm“, 1. Aufl., Berlin 1885, 10.

2) „Die Holzconservierung im Hochbau“, Wien 1907, 108.

3) „Vollständige Abhandlung über den Hausschwamm“, Mitt. Sächsisch. Ingenieur-Ver., Dresden 1866, 4. Heft, 7.

4) „Über den Hausschwamm“, Dissert., Breslau 1879, 34.

5) „Der Hausschwamm, seine Entwicklung und Bekämpfung“, herausgegeben von TH. POLECK, Breslau 1885, 8.

nicht verschont“. Unter dem Eindruck einer von GÖPPERT selbst mitgeteilten Beobachtung von GEBBERT in Konitz modificiert ersterer seine Auffassung um etwas, wenigstens will seine weitere Ausführung das doch wohl besagen: „Hieraus möchten wir den Schluß ziehen, daß wie im hiesigen Museum, der *Merulius* sich zunächst im Kiefernholz entwickelt und aus demselben seine Nahrung gezogen, und sein Mycelium in der weiteren Entwicklung und Verbreitung sich gleichsam nur mechanisch an das Eichenholz angelehnt hat, oder wenigstens, wie dies aus der Praxis bekannt ist, das Eichenholz sich als weit widerstandsfähiger gegen die Angriffe des Hausschwammes verhält.“ GEBBERT hatte ihm nämlich mitgeteilt, daß in einem näher geschilderten Falle der Pilz „die kiefernen Lager eines Fußbodens gänzlich zerstört hatte, wogegen der eichene Belag nur vom Schwamm ergriffen war“ (soll wohl heißen, daß dieser nur vom Schwamm bewachsen war?). Beiläufig gerade das Umgekehrte von dem weiterhin zu schildernden Fall, wo die Eichenlager intact, der auf ihnen ruhende Nadelholzfußboden selbst aber zerstört war (s. p. 17).

Im gleichen Jahre tritt R. HARTIG (l. c. p. 10) dem sehr bestimmt entgegen: „Künstliche Infectionen von gesundem Eichenholze gelangen mir vollständig und außerdem hatte ich wiederholt Gelegenheit, Eichenholz, z. B. Eichenparkettböden durch Hausschwamm völlig zerstört zu finden, so z. B. in einem parterre gelegenen Saale des Schleißheimer Schlosses bei München.“ Näheres über diesen Punkt hat HARTIG meines Wissens aber nirgends veröffentlicht; vielleicht steht diese Auffassung von der leichten Zerstörbarkeit gerade des Eichenholzes mehr unter dem Eindruck seiner Arbeiten über die Zersetzung dieser Holzart durch andere Pilze ¹⁾.

Dieselbe Meinung vertritt 1891 GOTTGETREU ²⁾ in seiner Bearbeitung der BAUMGARTENSCHEN Studien; der Hausschwamm „zerstört in gleicher Weise jede beliebige Holzart, und es ist ein Irrtum, wenn viele Techniker behaupten, daß Laubbölzer, namentlich aber das Eichenholz, vom Hausschwamm verschont bleiben; sehr häufig haben eichene Parkettböden, nachdem die fichtenen

1) „Die Zersetzungserscheinungen des Holzes der Nadelbäume und der Eiche“, Berlin 1878. — Ebenso „Lehrbuch der Baumkrankheiten“, 2. A., Berlin 1889, 191.

2) „Die Hausschwammfrage der Gegenwart“, Berlin 1891, 14.

Blindböden zuerst zerstört sind, vom *Merulius lacrymans* sehr zu leiden“, und noch schärfer drückt sich 1891 P. HENNINGS¹⁾ aus, indem er wörtlich sagt: „Es ist hervorragend das Holz der Nadelbäume, der Kiefer, Fichte, Tanne, Lärche, wohl selten das der Laubhölzer, und unter diesen nur das der Eiche, welches durch Hausschwammycel angegriffen und zerstört wird.“ Schon VON TUBEUF²⁾ und MEZ³⁾ ist letzteres als irrig erklärt, beide heben jedoch hervor, daß neben dem Holz der Birke, Erle, Pappel, Buche, Ulme, Faulbaum- und Mahagoniholz⁴⁾ auch solches der Eiche vermorscht wird, und zwar macht VON TUBEUF da keinen Unterschied zwischen Splint und Kern.

Besondere Versuche scheinen aber von keinem der genannten Autoren angestellt zu sein, jedenfalls ist nicht darüber berichtet.

Soweit mir die neuere Literatur bekannt, findet man auf einen Unterschied der einzelnen Laubholzarten erst wieder bei MALENKOWIC (l. c.) hingewiesen, diesem zufolge besitzt Eiche einen gewissen Grad von Immunität, vollständig soll sie aber keineswegs sein, denn der Autor hält es für unvermeidlich, daß bei Zerstörung eines Blindfußbodens durch Hausschwamm auch der darüber liegende Eichenparkettboden in Mitleidenschaft gezogen wird.

Diese Annahme scheint mir allerdings nicht zutreffend, ich führe demgegenüber folgende Fälle einer mehrjährigen (3—4jährig) notorischen *Merulius*-Vegetation an, in denen der Nadelholzblindboden zersetzt, der auf ihm liegende Eichenparkettboden zwar dicht bewachsen, aber völlig gesund war⁵⁾.

1. Zwei Parterreräume eines älteren Wohnhauses (Emmerich a. Rh.), allen Anzeichen nach gelegentlich einer ca. 4 Jahre vorher infolge von „Trockenfäule“ unternommenen Fußbodenreparatur

1) „Der Hausschwamm“, Berlin 1891. 19.—. Fast möchte ich in der Angabe HENNINGS einen den Sinn umkehrenden Druckfehler vermuten.

2) In R. HARTIG, „Der echte Hausschwamm“, 2. Aufl., Berlin 1902, bearbeitet von C. v. TUBEUF; s. auch TUBEUF, „Beiträge zur Kenntnis des Hausschwammes“, Centralbl. f. Bacter. II., 1902, 2, 132.

3) „Der Hausschwamm und die übrigen holzzerstörenden Pilze“ Dresden 1908, 196.

4) Mahagoni- und Ulmenholz wären wohl einmal nachzuprüfen. (Vgl. Ausfall dieser Prüfung weiter unten p. 40.)

5) Diesen Fall habe ich bereits a. a. O. mitgeteilt (s. p. 13, Note 1).

angesteckt, waren in hohem Maße schwammkrank, der Pilz konnte sich nach seiner ersten Constatierung noch 2 Jahre in den unbewohnten Räumen ungestört weiterentwickeln und war während dieser ganzen Zeit unter und zwischen den Parketthölzern in dichter Vegetation vorhanden. Fußleisten wie Blindboden waren auf große Strecken völlig morsch, an ihnen und auf der Oberfläche des Eichenbodens zahlreiche Fruchtkörper, teilweise großen Umfanges (bis 1 m im Durchm.). Alles Eichenholz unter wie oberhalb (hier direkt unter den Fruchtkörpern) war unangegriffen, fest und hart wie neues Holz. Der Fall erscheint mir so beweiskräftig, daß er anbei im Bilde wiedergegeben sein mag. Fig. 1 zeigt das eine der beiden Zimmer vor Aufbruch,

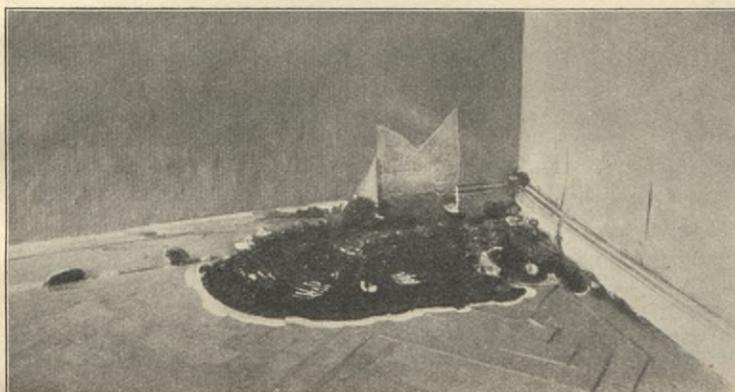


Fig. 1. *Merulius* auf Eichenparkett in einem Parterrezimmer. Zimmer Nr. 1, mit großem Fruchtkörper (stark verkleinert).

Fig. 2 das andere nach Aufbruch des Parkettbodens; hier sieht man die Reste des zerbrochenen Blindbodens neben den unveränderten, mit grauen *Merulius*-Häuten bewachsenen Eichenbrettchen.

2. In diesen Zimmern waren die 80 jährigen Eichenbalken, auf denen der Blindboden direkt auflag, ebenfalls gesund und fest, trotzdem an ihnen dichte graue *Merulius*-Häute bis in die aus Kies bestehende Fußbodenfüllung herabwuchsen und der in morschen Stücken abbrechende pilzdurchsetzte Blindboden sie unmittelbar berührte. Stück eines solchen Eichenträgers mit den aufsitzenden völlig vermorschten Nadelholzresten ist in Fig. 3 wiedergegeben. Es ist hier absichtlich derjenige Teil eines Trägers,

welcher auf der in Kies verlegten Unterseite ausnahmsweise sog. „Trockenfäule“ zeigte, abgebildet; Oberseite also hart und gesund, Unterseite angemorscht, nach Ausweis der noch ansitzenden Rindenreste [entsprach letztere dem Splint. Immerhin offen bleibt bei Zersetzung des letzteren die Mitwirkung des *Merulius*.

Ein weiterer ähnlicher Fall betraf die sich physiologisch wie *Merulius* verhaltende *Coniophora cerebella* ALB. et SCH. Hier war „Schwamm“ gleichfalls infolge umfangreicher Reparaturen in



Fig. 2. *Merulius* auf Eichenparkett in einem Parterrezimmer. Zimmer Nr. 2, nach Aufreißen des Parkettbodens. Intacte, pilzbewachsene Eichenbretter neben den Resten des völlig zersetzten Blindbodens (Nadelholz).

mehreren Zimmern aufgetreten (Colmar i. E.), nach 2 Jahren waren Lagerbalken samt Blindboden (beides Nadelholz) stark zersetzt, das vom Pilz bewachsene Eichenparkett aber unversehrt. Schon früher wies ich experimentell nach¹⁾, daß auch *Coniophora* Eichenholz zwar bewuchs aber selbst in 2 Jahren nicht vermorschte.

Der genannte in Emmerich beobachtete Fall ist nun gerade deshalb bemerkenswert, weil hier nicht nur die Art des Pilzes zweifellos sichersteht, sondern auch die Einwirkungsdauer auf das Holz ziemlich genau bekannt ist; hier war rund 3jähriges

1) „Zur Biologie von *Coniophora cerebella*“ (Mycol. Centralbl., 1912, 1, 24), s. oben p. 1.

Bewachsen der Parkettunterseite und Träger (diese mit oben genannter Ausnahme) ohne jede nachweisbare Wirkung.

Ob diese beiden Pilze Eichenholz nun schließlich noch nach Jahren oder unter ganz bestimmten Umständen, oder etwa ein Holz von abweichender Beschaffenheit, überhaupt zersetzen können, will ich ganz dahingestellt sein lassen, einstweilen erscheint mir jede Eichenholzerstörung in Bauwerken von vornherein nicht als *Merulius*- oder *Coniophoraverdächtig*; genauer Nachweis bleibt jedenfalls zu führen. Fälle von Parkettzerstörungen sind nicht häufig, sie verdienen genauer untersucht zu werden, man darf sie nicht kurz als „Schwamm“ oder „Hauschwamm“ abmachen¹⁾. Solchen Angaben gegenüber, und das bezieht sich

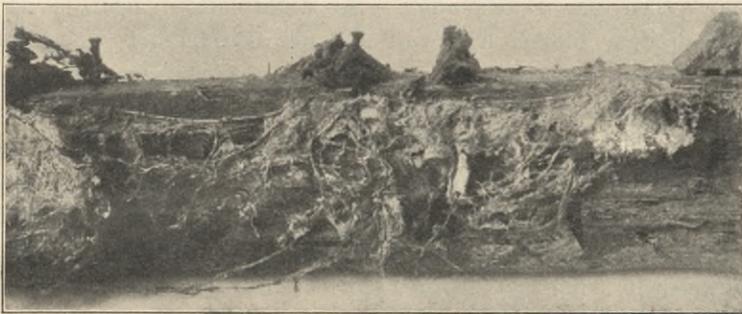


Fig. 3. Stück eines der Eichenlager mit ansitzenden *Merulius*-Häuten, oben Reste und Nägel des zerstörten Blindbodens auf dem unveränderten Eichenholz, unten partielle „Trockenfäule“ (s. Text).

auch auf die frühere oben genannte Literatur, ist ein gewisses Maß von Skepsis angebracht.

Keineswegs verläuft aber nach früheren Angaben R. HARTIGS²⁾ die Zersetzung des Eichenholzes durch Pilze überhaupt so ganz langsam; für *Hydnum diversidens* FR. z. B. berechnete derselbe das Mycelwachstum im künstlich infizierten Holzkörper

1) Aus dem morschen Eichenfußboden eines alten westfälischen Hauses kultivierte ich einen braune Stränge bildenden nicht bestimmbar Holzpilz. Einen Fall von Zersetzung jüngeren Bauholzes teilte mir Herr Dr. H. WISSMANN freundlichst mit, der Schwamm hatte hier die Eichenholzbekleidung der Wasserleitung (Chem. Institut der Universität Straßburg) vermorscht; es war ein echter auch in Culturen gut gedeihender *Polyporus* mit korkgelben Fruchtkörpern.

2) „Zersetzungserscheinungen des Holzes“, 1878, p. 97 u. 116.

stehender Bäume zu ca. 20 cm pro Jahr, und die Zeit, binnen welcher der Übergang aus dem gesunden in den morschen, total zersetzten Zustand eintrat, zu etwa 2—3 Jahren; für *Polyporus igniarius* Fr. ergab sich die Verbreitungsgeschwindigkeit peripher zu ungefähr 2 cm, in der Längsrichtung zu etwa 4 cm jährlich.

Es sind hier aber zwei Dinge scharf auseinander zu halten: Das bloße äußerliche Bewachsen einer Holzart durch den Pilz, und die tatsächliche innere Zersetzung, beide gehören nicht notwendig zusammen, oft ist nur ersteres vorhanden; will man auch dies „Ansteckung“ nennen, so ist das in gewissem Sinne zwar zutreffend, genau genommen aber doch nicht richtig, die Wirkung der Ansteckung fehlt, und damit auch das eigentliche Wesen der Erscheinung. So unterscheidet man ja auch zwischen dem bloßen Nährwert und der Gärfähigkeit eines Substrats, etwa gegenüber einer Hefenart. *Merulius* überwächst gleich *Coniophora* ihm gebotenes Eichenholz mehr oder minder gut, nutzt also auch in derartigen Culturen wohl die oberflächlich gebotenen Nährstoffe, die gerade diese Holzart in parenchymatischen Zellen noch relativ reichlich bietet, er mag auch in bescheidenem Maße in die Gefäße derselben eindringen, doch übt er keine nachweisliche oder auffällige Wirkung auf die Zellwände, d. h. die eigentliche Holzsubstanz. Und dieser Punkt ist es, der noch einer Klärung bedarf. Soweit ich die Sache zurzeit übersehe, stehen aber schon dem reichlichen Eindringen seiner Hyphen in den Holzkörper Schwierigkeiten entgegen, allem Anschein nach chemisch-physiologischer Art.

Es ist von vornherein verlockend, hierbei der Gerbsäure des Holzes eine gewisse Rolle zuzuschreiben, charakterisiert der relativ hohe Gehalt an ihr doch diese Holzart vor vielen anderen. Allerdings dürfen Gerbsäuren keineswegs als streng pilzwiderige Mittel angesehen werden, im Gegenteil ist die leichte Schimmelfähigkeit von Tanninlösungen hinreichend bekannt, durch Pilzwirkung werden selbst solche stärkerer Concentration (Galläpfel-extracte) unter Bildung von Gallussäure (zur technischen Darstellung dieser aus Tannin vorgeschlagen) zersetzt. Angesichts der notorische Unterschiede in der Empfindlichkeit der verschiedenen Pilzspecies sagt das aber wenig aus, über *Merulius* speciell ist hinsichtlich seines Verhaltens gegen den „Gerbstoff“

der Botaniker noch nichts bekannt. Der Sammelname Gerbstoff umfaßt bekanntlich eine Mehrzahl chemisch verschiedener Stoffe.

Die Eichenholzgerbsäure¹⁾ ist weder mit der der Galläpfel, noch mit jener der Rinde identisch, alle drei sind aber nahe verwandt, übrigens verschieden von einer Reihe von „Gerbstoffen“ anderer Pflanzenarten. Bestimmte Angaben über den Gerbsäuregehalt des Eichenholzes, der ja selbst wieder nach Fall und Umständen schwanken muß, habe ich in der Literatur nicht gefunden, für die Rinde werden 5–20%²⁾, für Galläpfel ein

1) Zur Chemie sei hier bemerkt, daß Eichenholzgerbsäure mit Tannin (Galläpfelgerbsäure, Gallusgerbsäure) und Eichenrindengerbsäure insofern näher verwandt ist, als alle drei Abkömmlinge der Digallussäure, dem Anhydrit der Gallussäure (= Trioxybenzoesäure, $C_7H_6O_5$) sind, die außer anderen Zersetzungsprodukten auch in ihrer Gesellschaft aufzutreten pflegt. Diese Säure nebst ihren Derivaten ist also in gewissem Sinne das eigentlich Wirksame des hier als Gerbsäure oder „Gerbstoff“ zusammengefaßten Gemenges.

Die Holzgerbsäure scheint eine Methyldigallussäure (Digallussäure-Methylester, $C_{15}H_{16}O_{11}$), Tannin soll dagegen im wesentlichen Digallussäure-Anhydrit(?) — nach früheren ein Glycosid — sein, ähnlich die Rindensäure. Neuere Feststellungen sind da erwünscht, die Meinungen gehen stark auseinander, das ist für unsere Betrachtung auch ohne Belang. „Gerbstoff“ ist ebensowenig ein bestimmter chemischer Begriff wie etwa Bitterstoff; Gerbstoffe anderer Pflanzen sind also etwas vom Eichengerbstoff Verschiedenes, wie schon REINITZER früher hervorhob (Ber. Botan. Ges. 1889, 7, 187). Zur Verbreitung und Chemie vergl. man CZAPEK, Biochemie der Pflanzen, 1905, 2, 569 u. f. — EULER, Pflanzenchemie I., 1908, 97–99. — NIERENSTEIN in ABDERHALDEN, Biochemisches Handlexicon, 1910, 7, 1. Hälfte, 7 (wo Eichenholzgerbsäure nicht genannt ist), — WEHMER, Pflanzenstoffe, 1911, 137.

2) Die Rinde enthält je nach Alter u. a. 5–8, auch 16–20%, Spiegelrinden i. M. 12%; rotes Quebrachoholz von *Schinopsis Lorentzii* (GRIS.) ENGL. 18–20% „Gerbstoff“; Mangroverinden 20–50%. Die Zahlen sind wohl immer auf Trockensubstanz zu beziehen, für die frischen Organe also niedriger anzusetzen.

Als Pilznährstoffe kommen im Eichenholz Stärke, Zuckerarten (Rohrzucker, Dextrose, Galactose), reichlich Pentosane (darunter Xylan und Methylpentosane), Salze der Weinsäure, Äpfelsäure, Fett usw. in Frage. Zweifelsohne sind Kern und Splint, Schaft-, Zweig- und Wurzelholz da ebenso verschieden wie etwa ein und derselbe Stammteil zu den verschiedenen Jahreszeiten und bei verschiedenen Exemplaren. Für genaue Versuche ist zuvor die Holzbeschaffenheit festzustellen (Analyse). Das von mir benutzte Kernholzmuster enthielt sowohl in den mikroskopischen wie den breiten Markstrahlen noch vielfach mit Stärke gefüllte Zellen und Zellgruppen, die an Quer- wie Radialschnitten mit Jod sogleich hervortreten.

Vielfaches davon (bis 60%) angegeben; Kastanienholz (*Castanea vesca*) soll 7–8% enthalten, ähnlich darf man vielleicht den des älteren Eichenkernholzes schätzen. Allerdings bestimmte ich in einem diesbezüglich unternommenen orientierenden Versuch das Extrahierbare meines Holzes zu kaum 4%, davon ist nur ein Teil Gerbsäure¹⁾.

Holzgerbsäure ist im Handel nicht erhältlich, die Versuche mußten also mit dem Handelstannin (aus Gallen), d. h. der Gallusgerbsäure oder Galläpfelgerbsäure und mit Gallussäure, dem Spaltproduct und gewöhnlichem Begleiter jener beiden, angestellt werden. Da es sich bei diesen dreien um chemisch sehr nahe verwandte Stoffe handelt, darf eine — auch durch meine Versuche bestätigte — ähnliche Wirkung angenommen werden. Beide Substanzen wurden in steigenden Dosen einem guten Substrat zugesetzt, als solches gilt für *Merulius* Stärkekleister (mit Nährsalzen), Würzeagar und Würzegeatine, letztere scheidet wegen der Fällbarkeit durch Tannin allerdings aus. Flüssige Nährlösungen wurden also vermieden, auf festen Substraten wächst der Pilz ungleich schneller als auf flüssigen; schon in wenigen Wochen ist in Controllculturen mit größeren Erlenmeyerkolben die Oberfläche mit einer üppigen Vegetation bedeckt, die zunächst rein schneeweiß, späterhin aber zum großen Teil fast regelmäßig schön citronengelb gefärbt ist. Solche Verfärbung tritt übrigens ganz normal in gut wachsenden reinen Culturen auf, ist also nicht etwa, wie das mehrfach angenommen wird, Folge störender Momente²⁾. Impfung der im strömenden Dampf sterilisierten watterverschlossenen Kolben fand in üblicher Weise mit Mycel aus ein und derselben Reincultur in nicht zu reichlicher Menge statt (weizenkorngroße Flocke).

Das Wesentliche meiner Resultate läßt sich kurz dahin zusammenfassen, daß gewöhnlich schon 0,5—1% beider Stoffe

1) 46,180 g lufttrockenes neues Eichenkernholz in Stücken wurden ca. 1 Woche lang mit 8mal je 500 ccm dest. Wasser ausgekocht. Die Auszüge lieferten eingedunstet 1,750 g eines braunschwarzen lackartigen Extracts, also rund 3,8%. Die harten Holzstücke konnten nur unvollständig zerkleinert werden, gepulvertes Holz liefert voraussichtlich erheblich mehr an Wasserlöslichem. Fichtenholz sollen so ca. 12% zu entzogen werden (KLASON, Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des Fichtenholzes, 1911), eine Zahl, die mir recht hoch erscheint.

2) Die bezüglichen Angaben bei R. FALCK (*Meruliusfäule*, p. 83) sind unrichtig.

auf die *Merulius*-Entwicklung von deutlich störendem Einfluß sind, durch eine Beigabe von 1—2% wird sie völlig verhindert. Im einzelnen sind da noch kleine Unterschiede vorhanden, je nach Stoff und Nährboden. Bei Verwendung von Stärkekleister ist die Entwicklungsstörung bereits bei 0,5% in die Augen fallend, das Wachstum der Impfflocke ist kümmerlich und erheblich langsamer als in den ohne Zusatz angestellten Controllculturen, bei 1% und darüber meist gleich Null; auf Würzeagar hat 0,5% Gallussäure wenig Einfluß; hier werden auch 1% noch vertragen, oberhalb liegt aber die Grenze (2%). Kleine Unterschiede bestehen zwischen der Wirkung von Gallussäure und Tannin. Tannin wirkt schädlicher, im ganzen stimmen beide bezüglich der wirksamen Dosen aber überein. Der nachteilige Einfluß dieser Substanzen schon in relativ geringen Gaben ist also erwiesen. Das Resultat der unten genauer geschilderten Versuche sei hier kurz zusammengestellt:

Merulius-Entwicklung in Reincultur bei Zusatz von Gallussäure und Tannin.

Zusatz (g auf ccm.) %	I. Gallussäure		II. Tannin	
	1. Stärke- kleister + Nähr- salze	2. Würzeagar	1. Stärke- kleister	2. Zucker- gelatine
0 0,1 0,25	} Wachstum	} gutes Wachstum	} Wachstum	} Wachstum
0,5				
1,0	auch in Wochen fast Null	Wachstum langsam doch kräftig	Wachstum fast Null oder ganz ausbleibend	} zunächst Wachstum, dann Stillstand (0,5—3%)
2,0 2,5 3,0	} kein Wachstum	} kein Wachstum	} kein Wachstum (3—10%)	
4,0 5,0 10,0				

Demgegenüber kommt es auf diesen selben Nährböden auch bei 5—10% Tanninzusatz (höher hinauf wurde nicht geprüft)

noch zu einer verhältnismäßig schnellen und umfangreichen grünen Schimmelentwicklung (*Penicillium*-Species), sobald nach Abnahme des Wattepfropfens der Luftinfection ausgesetzt wird.

Auf einem Zuckergelatinenährboden vermag aber selbst ein Tanninzusatz von 5% noch nicht die Entwicklung des *Merulius* zu verhindern. Damit wird bewiesen, daß durch Ausfällung des Tannins (als Eiweißverbindung) eben der störend wirkende Stoff entfernt wird. Die weitere Entwicklung auf der mit 0,5—5% Tannin versetzten Gelatine war allerdings zögernd und verhältnismäßig dürrtig.

Hiernach müßte bei gleicher Wirkung der Holzgerbsäure ein Gerbsäuregehalt des Eichenholzes von 1% schon verhängnisvoll, ein solcher von 2% aber direkt ausschließend auf *Merulius* wirken, vorausgesetzt, daß die Gerbsäure darin gleichmäßig verteilt ist, was nicht immer der Fall ist; die Hauptmenge ist oft in Markstrahlzellen abgelagert. Immerhin wäre es verständlich, daß die gegen diesen Stoff empfindlichen Hyphen nicht allzu ergiebig in den Holzkörper eindringen. Gerade die Markstrahlen bergen in ihrem Gehalt insbesondere an Stärke auch das für den Pilz Wertvolle. Gerbsäureärmeres Holz (Splint usw.) könnte sich schon anders verhalten, man müßte selbst annehmen, daß Auslaugen des leicht wasserlöslichen Stoffes von Einfluß sein wird. Diesen Versuch habe ich gemacht, ausgekochtes Holz wurde in sonst ganz gleich angeordneten Versuchen (Watteverschluß, Sterilisieren, Impfung) mit ungekochtem verglichen, überdies noch der Extract selbst auf seine etwaige entwicklungs- hemmende Wirkung in sonst guter Nährlösung geprüft.

Das Resultat scheint mir zugunsten der Annahme zu sprechen¹⁾. Tatsächlich gedeiht der Pilz um ein Vielfaches besser auf ausgekochtem Eichenholz; in den Culturen entsteht hier in kurzem ein das ganze Holz dicht umspinnender *Merulius*-Rasen,

1) Dabei muß noch berücksichtigt werden, daß Auskochen auch wasserlösliche Nährstoffe (Salze, Stickstoffverbindungen z. T.) entfernt, andererseits freilich die Stärke der Markstrahlzellen weitgehend verkleistert, also leichter angreifbar macht.

Wie oben schon erwähnt, ist auch älteres Kernholz nicht stärkefrei, vielfach findet man in den Markstrahlen dicht mit Stärkekörnern gefüllte Zellen. Auf die anatomischen Verhältnisse komme ich beim mikroskopischen Verfolg der Infection noch zurück.

während die Controllversuche nur träge spärliche sich locker über die Holzstücke ausbreitende zarte gelbliche Stränge aufwiesen (Fig. 4 u. 5). Es hat die Extraction des Holzes also offenbar ein besseres Bewachsen durch *Merulius* zur Folge; ob nun in deren Folge auch eine faktische Zersetzung, bleibt abzuwarten, ich möchte diese Culturen nicht vor definitivem Abschluß störend unterbrechen, sie haben ein Alter von einigen Monaten, sollen aber wenigstens noch ebensolange wachsen. Durch sie wird die Frage,

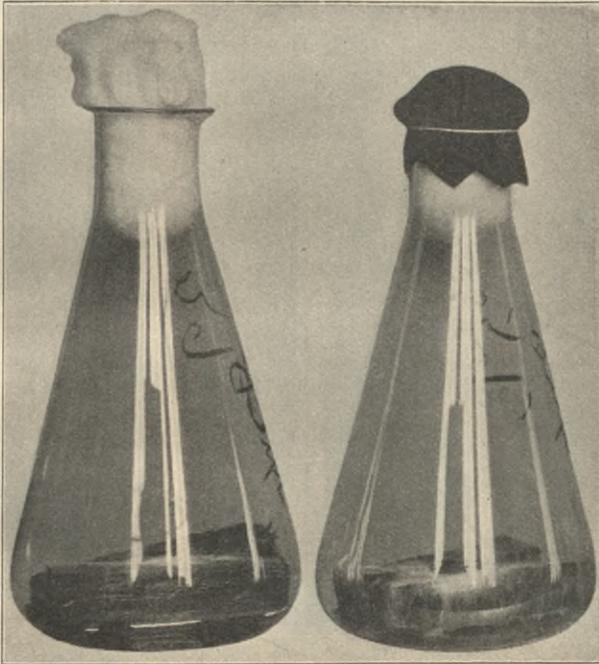


Fig. 4. *Merulius* auf nicht ausgekochtem Eichenholz, in feinen dürrtigen Strängen sich ausbreitend (ca. $\frac{1}{2}$).

ob als zersetzungshinderndes Moment allein die Gerbsäure in Betracht kommt, zu entscheiden sein.

Zum Vergleich gibt Fig. 6 das Bild einer *Merulius*-Vegetation auf Zuckerlösung.

Es konnte aber bereits festgestellt werden, daß dem wässrigen Holzauszuge eine erhebliche entwicklungsstörende Wirkung zukommt. Sowohl bei Zucker- wie bei Gelatinezusatz entstand darauf aus der ausgesäten Impfflocke in Reincultur nur

eine sehr träge und relativ kümmerliche *Merulius*-Vegetation als dicht aufliegendes Häutchen. Ob noch sonstige Inhaltsstoffe des Holzes dabei mitwirken, bleibt natürlich offen.

Schließlich müßte auch Nadelholz durch eine Gerbsäuretränkung resistent gegen *Merulius* gemacht werden können — eine „Immunisierung“ von vielleicht praktischer Bedeutung für gewisse Zwecke¹⁾ — dem entspricht auch der Ausfall einiger in dieser

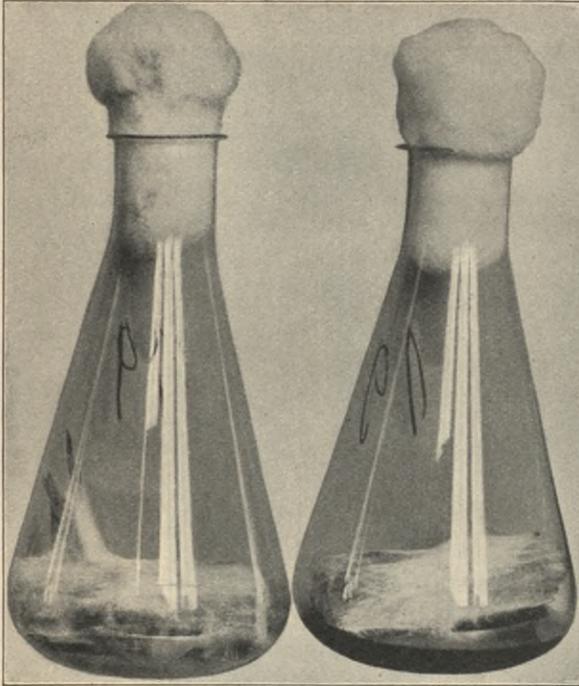


Fig. 5. *Merulius* auf ausgekochtem Eichenholz, dasselbe mit gelblichen Mycelien und feinen Strängen gleichmäßig überziehend (ca. $\frac{1}{2}$).

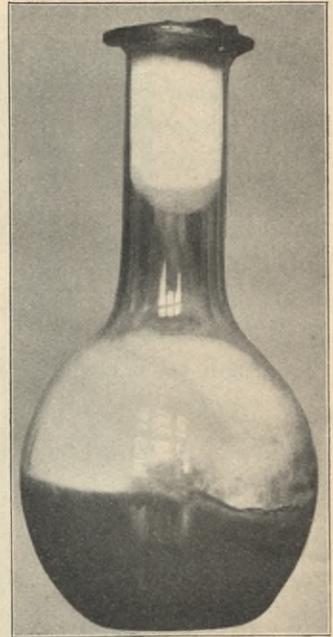


Fig. 6. *Merulius lacrymans* auf Zuckerlösung cultiviert. Watteartiges Mycel einer älteren Cultur an den Gefäßwänden emporsteigend (ca. $\frac{1}{2}$).

Richtung angestellten Versuche mit 2%iger Tanninlösung. Auf solchem Holz wächst der Pilz ebensowenig an, wie auf Tanninkleister gleicher Concentration.

1) Das Mittel entspricht allerdings den meisten an ein Hausschwammittel gestellten Anforderungen; es ist farb- und geruchlos, nicht hygroscopisch oder flüchtig, verschlechtert die technischen Eigenschaften der Faser nicht, greift sie nicht an, erhöht auch die Feuersgefahr nicht; nur der Preis ist relativ hoch, auch macht seine Löslichkeit es auswaschbar, was zwar für Innenräume nicht in Frage kommt.

Es sei hier zunächst das Detail der Versuche wiedergegeben. Für alle gilt constante Zimmertemperatur von $\pm 20^{\circ}$ und Tageslicht.

Experimentelles.

I. Versuche mit Tanninzusatz.

Das verwendete Tannin war das käufliche rohe Präparat, leicht wasserlösliches gelbliches, lakmusrötendes Pulver; es wurde den Versuchen in Concentrationen von 1—10% zugewogen und mit den Nährböden im strömenden Dampf dreimal je 20 Minuten an 3 verschiedenen Tagen sterilisiert¹⁾. Als Nährboden Stärkekleister und Gelatine, unter üblichem Watterverschluß. Impfung überall gleichmäßig mit einer circa weizenkorngroßen Flocke *Merulius*-Mycel aus ein und derselben Reincultur auf Kartoffel (Reagenzglasultur).

1. Stärkekleisterversuche.

a) 5 Kolben mit je 100 ccm eines homogenen festen Kleisters aus 100 ccm Wasser und 10 g Kartoffelstärke, als Nährsalze 0,5% des Gemisches von Ammonitrat (1 Teil), prim. Kaliumphosphat (0,5 Teile) und krist. Magnesiumsulfat (0,25 Teile). Die einzelnen Kolben erhielten außerdem:

Nr. 1	mit	1	g	Tannin	(1	‰)
„ 2	„	2,5	„	„	(2,5	‰)
„ 3	„	5	„	„	(5	‰)
„ 4	„	5	„	„	(5	‰)
„ 5	„	10	„	„	(10	‰)

Stärkere Tanninzusätze wirken auf den Kleister bei der Sterilisation teilweise verflüssigend, so daß gleichmäßiges Erstarren nur in Nr. 1 und 2 stattfand. Da auch Dextrine guter Nährboden für *Merulius* sind, lasse ich diesen Umstand außer Rechnung, die Tanninwirkung wird dadurch nicht beeinträchtigt.

Resultat: In den Kolben Nr. 3—5, also mit 5—10% Tanninzusatz, fand ein Anwachsen der Aussaat nicht statt, auch wiederholtes Nachimpfen war ohne Erfolg. Nach rund 12 Wochen waren sie noch unverändert ohne jede Vegetation.

Dagegen kam die Aussaatflocke in Nr. 2 zu einer ungemein langsamen kümmerlichen Entwicklung; es entstand allmählich ein kleines gelbliches Polster auf der Oberfläche, das nach 12 Wochen knapp $\frac{1}{2}$ cm Durchmesser hatte. In Nr. 1 war die Entwicklung etwas besser, die Impfflocke wuchs schließlich zu einem oberflächlichen lockeren hellen Hyphenbeleg aus, der nach 12 Wochen noch dürrtig und nur rund 4 cm Durchmesser zeigte. Beide Vegetationen waren reiner *Merulius*.

1) Hier wäre mit einer partiellen Zersetzung des Tannins zu rechnen (Hydrolyse).

In gleichzeitig angesetzten Controllculturen war lange vor dieser Zeit die ganze Substratoberfläche von einem an den Glaswänden emporsteigenden dichten schneeigen, teilweise intensiv citronengelb verfärbten *Merulius*-Rasen bedeckt.

b) Wiederholung der gleichen Versuche in genau derselben Ausführung (100 ccm Stärkekleister usw.), mit dem alleinigen Unterschiede, daß nur einmal 20 Min. im Dampf sterilisiert wurde, wodurch auch die Verflüssigung vermieden wird. Auch hier wurde das Tannin vorher in dem zur Verkleisterung benutzten Wasser gelöst. Hier Impfung mit linsengroßem Mycelstück aus gut wachsender Würze-Agar-Cultur. Zusätze:

Nr. 1	Tannin-Zusatz	0,5 %	(0,5 g)
„ 2	„	0,5 %	(0,5 „)
„ 3	„	1,0 %	(1 „)
„ 4	„	1,0 %	(1 „)
„ 5	„	2,0 %	(2 „)
„ 6	„	2,0 %	(2 „)

Verlauf: Im wesentlichen wie vorher. Nach 5 Tagen zeigen die Impfflocken in Nr. 1 und 2 langsame Entwicklung neuer Hyphen, in den übrigen Versuchen ist noch kein Anwachsen bemerkbar. Nach 4 Wochen sind Nr. 3—6 ohne Vegetation, in Nr. 1 und 2 hat sich ein zartes gelbliches Mycel kümmerlich entwickelt. —

Die etwas stärkere Wirkung der Gaben von 1—2 % könnte hier auf die schonendere Behandlung (nur einmaliges Sterilisieren) der zersetzlichen Tanninlösung zurückgeführt werden.

Hiernach hemmte ein Tanninzusatz von über 1 % die *Merulius*-Entwicklung auf Stärkekleister ganz, schon 1 % wirkt sehr nachteilig und läßt auch nach langer Zeit keine normale Vegetation aufkommen, stark verzögernd wirkt bereits $\frac{1}{2}$ %.

2. Gelatineversuche.

5 Kolben mit je 100 ccm einer 10 %igen Gelatine, der außerdem 3 % Dextrosezucker und Mineralsalze wie vorher zugesetzt waren. Auf diesem Boden wächst *Merulius* nach Ausweis der Controllculturen sehr gut. Zusätze von Tannin in Menge von 0,5—5 %.

Diese Zusammensetzung hat den Übelstand, daß Fällungen auftreten, auch das Erstarrungsvermögen der Gelatine wird durch die Erhitzung mit Tannin fast vernichtet. Das eingebrachte Tannin fällt gutenteils als Eiweißverbindung wieder aus. Ich habe die Versuche trotzdem aus anderen Gründen durchgeführt:

Nr. 1	Zusatz von 0,5 g Tannin	(0,5 %)
„ 2	„	(1 %)
„ 3	„	(2 %)
„ 4	„	(3 %)
„ 5	„	(4 %)
„ 6	„	(5 %)

Resultat: Anwachsen der Impfflocke fand hier bereits nach Verlauf weniger Tage in Nr. 1—4 statt (mit 0,5—3% Tanninzusatz), das ausgesäte Mycelstückchen entwickelte feine helle Hyphen auf seiner Oberfläche und wuchs dann zu einem hellen oder gelblichen *Merulius*-Polster aus, das nach 3 Wochen ca. 1 cm Durchmesser hatte; gleiches fand in Versuch 5 und 6 statt, nachdem hier noch einmal nachgeimpft war — dies wurde in keinem Versuche, wo die erste Impfflocke versagte, unterlassen.

In allen 6 Versuchen ergab sich weiterhin aber die bemerkenswerte Tatsache, daß auch nach Verlauf von rund 8 Wochen die *Merulius*-Vegetation kaum Fortschritte gemacht hatte, es war überall nur ein 2—3 cm im Durchmesser haltender gelblicher Mycelrasen an der Gefäßwand vorhanden, der sich nirgends über die ganze Oberfläche ausbreitete. Es hat den Anschein, als ob hier alsbald irgendwelche störenden Umstände hindernd werden; solche könnten durch die Pilzvegetation selbst geschaffen werden.

Die entwicklungshemmende Wirkung des Tannins wird also durch Gegenwart eiweißartiger Körper (Ausfällung desselben) zunächst aufgehoben, wobei Anwesenheit des zugesetzten Zuckers dem Pilz die Entwicklung ermöglicht.

II. Gallussäureversuche.

Die Gallussäure wurde als reine Kristallmasse den Nährböden zugewogen, und zwar in zwei Versuchsreihen sowohl dem oben benutzten Kartoffelstärkekleister wie einem gutnährenden Würzeagar (3% Agar, Brauereiwürze auf $\frac{1}{4}$ verdünnt), übrige Ausführung ganz wie vorher (Sterilisieren, Watteverschluß, Impfung).

1. Mit Stärkekleister.

Versuchsreihe mit 7 Kolben, je 100 ccm Stärkekleister (10 % Stärke) mit Ammonitrat-Nährlösung (5 ccm = entsprechend ungefähr 1 % des Salzgemisches), Watteverschluß, im Dampf sterilisiert, Impfung mit Mycelflocke.

Es hatte:

Nr. 1	keinen Gallussäurezusatz			
„ 2	Zusatz von	0,1 %	(0,1 %)	Gallussäure ¹⁾
„ 3	„	0,25 %	(0,25 %)	„
„ 4	„	0,5 %	(0,5 %)	„
„ 5	„	1,0 %	(1,0 %)	„
„ 6	„	2,0 %	(2,0 %)	„
„ 7	„	3,0 %	(3,0 %)	„

1) Gallussäure ist in reinem Wasser bei 20° schwer löslich; für die Versuche wurde in heißem Wasser gelöst, eine Wiederabscheidung aus den erkalteten Nährböden war nicht sichtbar.

Zur Controlle wurde ermittelt, daß reines dest. Wasser bei 20° weniger als 2% in Lösung behält (genau 1,31 %). 100 ccm Wasser lösten beim

Der Kleister wurde unter der Säurewirkung bei der Sterilisation teilweise verflüssigt (Nr. 4—7), weiterhin entwickelte sich allmähliche Verfärbung ins Braune.

Verlauf: Nr. 1—3 wuchsen alsbald ziemlich gleichmäßig an, etwas zögernd Nr. 4, der hinter ersteren auch weiterhin zurückbleibt; nach 3—4 Wochen haben sich auf der Oberfläche dieser ersten 4 Versuche grauweiße bis gelbliche Mycelpolster von einigen Centimeter Durchmesser gebildet, in Versuch 5—7 ist noch keine Vegetation vorhanden; erst nach 6 Wochen Spur einer Vegetation auf Nr. 5, auf Nr. 6 und 7 nichts.

1% Gallussäure wird hier vom Pilz also nicht mehr vertragen, bei 0,5% war das Wachstum zwar verlangsamt aber sonst gut.

2. Mit Würzeagar.

a) Drei Kolbenversuche à 100 ccm auf $\frac{1}{4}$ verdünnte Brauereiwürze und 3% Agar. Das ist für *Merulius* nach Ausweis von Controllversuchen ein sehr geeigneter Nährboden, auf dem der Pilz bald zu üppiger Entwicklung kommt. Zusätze in:

Nr. 1	mit 0,5 g Gallussäure	(0,5 %)
„ 2	„ 1,0 „	„ (1 %)
„ 3	„ 2,0 „	„ (2 %)

Resultat: Bei 2% Gallussäure war auch nach 6 Wochen kein Anwachsen der Aussat festzustellen, bei 1% begann dies sehr langsam erst nach ca. 7 Tagen, bei $\frac{1}{2}$ % bereits nach 3 Tagen. In Versuch 1 bildete sich dann ein üppiges schneeweißes, teils canariengelbes ausgebreitetes Mycel von normalem Aussehen, in Nr. 2 war die Weiterentwicklung träger, aber sonst normal.

Somit verhindert hier 2% Gallussäure die *Merulius*-Entwicklung, 1% verzögerte sie merklich, $\frac{1}{2}$ % war kaum von Wirkung, hier wuchs der Pilz sogar mit bemerkenswerter Intensität, ebenso war das zwar langsamer wachsende Mycel auf dem 1%igen Gallussäureagar von kräftigem gesunden Aussehen; es breitete sich in diesen Versuchen allmählich über die ganze Oberfläche aus.

Erhitzen (nicht in der Kälte!) 0,5 g und eben auch noch 1 g, ohne daß Wiederabscheidung beim Erkalten eintrat. Von 2 g, in 100 ccm kochendem Wasser gelöst, schieden sich beim Erkalten und längerem Stehen wieder 0,69 g in feinen Kristallen ab (Wägung nach Abfiltrieren und Trocknen). Die krist. Säure enthält 1 Mol. Kristallwasser.

b) Wiederholung der gleichen Versuchsanstellung (2 Erlenmeyer-Kolben) Zusätze:

Nr. 1 mit 0,5 g Gallussäure (0,5%)
„ 2 „ 0,5 „ „ (0,5%)

Resultat: In beiden Versuchen kam die Pilzentwicklung rasch in Gang. Das Ergebnis stimmt also mit dem vorigen. Nach ca. 2 Wochen war die Oberfläche beider Kolben mit einer kräftigen schneeigen *Merulius*-Decke bewachsen.

Bei Verwendung von Würzeagar wirkt $\frac{1}{2}$ % Gallussäure nicht störend, auch 1% wird noch leidlich ertragen (auf Stärkekleister cultiviert war der Pilz gegen diese Dosen merklich empfindlicher); dagegen schließen auch hier 2% Gallussäure die Entwicklung aus. Fast auffällig ist die gute Entwicklung des üppig wachsenden Pilzes bei Zusätzen von 0,5% Gallussäure.

III. Versuche mit Eichenholz.

Verwendet wurde neues Holz (Kern), wie es vom Tischler verarbeitet wird, in entsprechend zugeschnittenen Stücken (ca. $5 \times 1 \times 1$ cm), so daß sie durch den mäßig weiten Hals der Glaskolben bequem eingebracht werden konnten. Die weitere Behandlung war ganz wie die eines beliebigen Nährbodens, also Watterverschluß und Sterilisierung im Dampfzylinder für ca. 20 Minuten usw. Impfung genau wie oben aus der Kartoffelreincultur mittels Platinnadel, unter üblichen Vorsichtsmaßregeln. Das Holz war vorher mit Wasser getränkt, um Austrocknen zu vermeiden war der Boden einige Millimeter hoch mit Wasser bedeckt, auch die Wattestopfen entsprechend fest eingesetzt (zeitweise mit Gummikappe).

Vergleich von normalem mit vorher ausgekochtem Holz.

1. Gewöhnliches Holz.

2 Kolbenversuche, Kolbengröße ca. 250 ccm. Culturdauer 12 Wochen.

Resultat: Die Aussaatflocke kam in beiden Versuchen langsam zur Entwicklung, wuchs auch im Verlauf der Wochen zu einer unverkennbaren, doch spärlichen, reinen *Merulius*-Vegetation heran. Die Entwicklung erfolgte in Form zarter, gelblichweißer, dicht anliegender Stränge, die sich locker allseitig über die Holzstückchen langsam ausbreiteten; nach 12 Wochen war eine relativ schwache Vegetation des Pilzes vorhanden (Fig. 4, S. 147), das Holz dem Aussehen nach physikalisch unverändert.

2. Ausgekochtes Holz.

a) Zwei gleiche Versuche mit demselben Holzmuster, die Stücke wurden hier jedoch vor Versuchsanstellung ca. $\frac{1}{2}$ Stunde in kochendem Wasser (500 ccm) ausgelaugt. Sonst genau wie oben behandelt.

Resultat: Die Entwicklung der Aussaatflocke ging merklich schneller von statten als auf dem nicht ausgelaugten Holz und führte zu einem völligen Überwachsen der Stücke mit feinen gelblichen Luftmycelien und Strängen. Nach Schätzung war die Vegetation nach 8 Wochen circa dreimal so stark und umfangreich als in Nr. 1 (s. Fig. 5, p. 26).

b) Zwei Versuche mit anderem Holzmuster, das wiederholt mit Wasser ausgekocht war (Anordnung wie vorher).

Resultat: Schon nach 2 Wochen hat sich in beiden Kolben ein gelbliches, gut wachsendes Mycelpolster von mehreren Centimetern Durchmesser gebildet, das allseitig über das Holz ausgreift. Nach 4 Wochen sind alle Holzstücke mit einem dichten hellen *Merulius*-Rasen überzogen.

c) Zwei Controllversuche dazu mit gleichem Holzmuster, nicht ausgekocht.

Resultat: Die Aussaat wächst träge an, nach gleicher Zeit ist in beiden Versuchen nur ein Mycelpolster von 1—2 cm Durchmesser vorhanden. — Der Unterschied zwischen b und c ist noch erheblich auffälliger als der zwischen 1 und 2a.

Auf ausgekochtem Eichenholz kommt der Pilz also alsbald zu einer ansehnlichen Entwicklung.

3. Abkochung von Eichenholz.

Der in Nr. 2a gewonnene Auszug des Holzes von mittelbrauner Farbe wurde noch besonders geprüft, indem zwei Portionen (je 100 ccm) einmal mit 5% Dextrose, das andere Mal mit 5% Gelatine versetzt und unter Watteverschluß im Kolben sterilisiert wurden; Impfung wie vorher. Hier war die Tanningelatine äußerlich von normaler Beschaffenheit.

Resultat: In beiden Versuchen war die Entwicklung sichtlich träge, besonders auf der Tanningelatine. Hier war nach 8 Wochen erst ein ca. 2 cm Durchmesser haltendes, der Oberfläche dicht aufliegendes zartes Mycel von gelblichweißer Farbe gebildet, die Gelatine im Umfange desselben ca. 2 cm rundherum leicht verflüssigt. Auf bloßer Gelatine ist dagegen die Entwicklung um ein Vielfaches schneller. — Auf dem zuckerhaltigen Extrakt war nach gleicher Zeit die Oberfläche mit einem gleichmäßigen, dicht anliegenden, lockeren, hellen Mycel voll bedeckt, dieses aber gleichfalls merklich dürrtiger, als auf bloßen Zuckerlösungen, auch ohne Luftmycelien. Nach 12 Wochen war das Mycel auf der Gelatine nicht wesentlich größer geworden, diese dagegen zur Hälfte verflüssigt.

Der Eichenholzauszug übt also offenkundig einen verzögernden Einfluß auf die *Merulius*-Entwicklung aus, anderer-

seits wächst der Pilz merklich besser auf dem extrahierten Holz als auf nicht extrahiertem.

IV. Versuche mit Tannin-getränktem Fichtenholz.

Hierzu wurden die Probestückchen lufttrocknen Fichtenholz (neues Tichlereiholz) mit einer 2%igen Lösung des oben benutzten Tannins kochend getränkt (auf 600 ccm dest. Wasser 12 g Tannin), langsam bei 30° getrocknet, dann wieder mit Wasser angefeuchtet und im Kolben wie oben nach Sterilieren unter Watte mit Reincultur beimpft. Zwei Versuche.

Resultat: Nachdem die ersten Aussaaten nicht angegangen waren, mußte zweimal nachgeimpft werden, erst da entwickelte sich ein sehr zartes gelbliches Mycel auf der Impfflocke. Es griff jedoch nicht weiter um sich, war auch noch nach 10 Wochen so dürftig, daß es in beiden Fällen kaum über 1 mm Ausbreitung hinausging. Infectionsversuch also rein negativ.

Somit ist die Wirkung des Tannins zunächst gänzlich abhängig von der besonderen Pilzart; während Zusätze von knapp 1% das Aufkommen von *Merulius* schon ausschließen, bieten solche von 10% gewöhnlichen Schimmelformen (*Penicillium*-Species) einen sehr günstigen Entwicklungsboden; nicht anders liegt es mit der Gallussäure, selbst in gesättigten reinen Lösungen (ca. 1%) dieser Säure erscheinen bei mangelndem Schutz gegen Luftinfection alsbald ansehnliche Schimmelbildungen, eine Tatsache, die direkt zur Prüfung des Nährwertes für solche Fälle auffordert; dagegen wird *Merulius* auch auf besten Substraten durch diese Dosis gehemmt. Die Tatsachen sind nicht auffällig, bezüglich des Tannins auch nicht neu und gerade in letzter Zeit durch eine exacte Arbeit von COOK und TAUBENHAUS¹⁾ an der Hand zahlreicher Versuche erhärtet. Von den verschiedenen Pilzspecies, welche diese Untersucher prüften, erwies sich ein großer Teil schon gegen Gaben von erheblich unter 1% empfindlich, andere vertrugen bis 32%; zu diesen gehörte zumal *Penicillium olivaceum* WEHM., auf dessen Keimung, Wachstum und Sporenbildung Gaben von bis 2% direkt anregend wirkten, indes gerade eine andere *Penicillium*-Species (*P. italicum* WEHM.) zu den empfind-

1) M. T. COOK und J. J. TAUBENHAUS, „The relation of parasitic fungi to the contents of the cells of the host plants (I. The toxicity of tannin)“. (Delaware Colleg. Agricult. Experim. Stat., 1911, Bull. Nr. 91, 67 pp., 10 T.). — Frühere Angaben von ZSCHOKKE, J. BEHRENS, WEIDEMANN u. a. sind citiert in Ber. D. Bot. Ges. 1914, 32, 211.

lichsten zählte. Einander sehr nahe stehende Arten können also ganz verschiedenes Verhalten zeigen. Von einem gewissen Einfluß war auch die Art des Nährbodens, nicht die Dosis allein bestimmte den Grad der Giftwirkung. Die Verfasser berühren in der Discussion (l. c. p. 60) kurz die Frage nach dem verschiedenen Verhalten von Kern- und Splintholz überhaupt, ihrer Auffassung zufolge ist Tannin eben ein Schutzmittel gegen Pilzinfektion; man wird diese Frage aber kaum bei so allgemeiner Fassung mit Erfolg behandeln können, es ist auch keineswegs bei allen Holzarten der Kern widerstandsfähiger, nicht selten ist es, wie schon TUBEUF betonte, umgekehrt, was auch die Verfasser selbst hervorheben. Hier müssen Experimente gerade mit spezifischen Holzschwämmen gemacht werden, entscheidend scheint mir da nicht der Tanningehalt überhaupt, sondern die physiologische Eigenart des Pilzes, der offenbar entweder „tannophil“ oder „tannophob“ sein kann.

COOK und TAUBENHAUS geben bei dieser Gelegenheit eine kurze Übersicht der „Gerbstoff“-Frage, die im ganzen ja reicher an Speculationen als an sicheren chemischen Daten ist; der dort aufgenannten Literatur ließe sich noch manches hinzufügen, es werden hier aber zum ersten Male zahlreiche Angaben über Wirkung der als Tannin zu bezeichnenden Substanz auf die Entwicklung von Pilzen gemacht; der „Gerbstoff“ der Literatur ist bekanntlich etwas sehr dehnbares. Selbst über den noch am besten bekannten Gerbstoff, eben jenes Tannin, sind trotz vieler chemischer Untersuchungen die Acten noch keineswegs geschlossen, denn E. FISCHER und FREUDENBERG¹⁾ zeigten kürzlich, daß gereinigtes Tannin keineswegs Digallussäure, sondern voraussichtlich eine Verbindung von Glycose mit Digallussäure (Penta-Digalloylglycose) ist, somit tatsächlich, und in Übereinstimmung mit älteren Angaben, bei Hydrolyse Zucker abspaltet. Das käufliche Handelsproduct enthält allerdings mancherlei Verunreinigungen (Gallussäure u. a.), von denen die reine Substanz bei ihrem amorphen Character schwer zu trennen ist. Wie es da mit der Holzgerbsäure speciell der Eiche steht, bleibt zunächst ganz offen.

1) Über das Tannin und die Synthese ähnlicher Stoffe (Ber. Chem. Gesellsch., 1912, 45, 915—936).

Die störende Wirkung der Gerbsäure und Gallussäure auf *Merulius* ist offenbar eine spezifische, sie hängt mit der besonderen Art dieser Stoffe — beide sind Phenolderivate — nicht etwa mit deren bloßen sauren Reaction zusammen, denn unser Pilz ist freien Säuren gegenüber keineswegs sehr empfindlich, Ansäuern seiner Zuckernährlösungen stört ihn nicht¹⁾, er kommt selbst auf Lösungen freier organischer Säuren (3%iger Citronensäure) mit Nährsalzen noch zur Entwicklung. Nach COOK (l. c.) wirkte allerdings Natriumtannat minder stark²⁾, schließlich beträgt die Acidität des Tannins aber nur $\frac{1}{10}$ der der Gallussäure³⁾. Den Versuch, nun etwaige Beziehungen zwischen der chemischen Constitution der Gerbsäure und ihrer Wirkung zu construieren, darf man füglich übergehen, zeigt doch schon das Wachstum von *Penicillium* auf 10—30%igen Tanninlösungen, wie wenig aus solchen Momenten, solange wir den spezifischen Chemismus der Pilzart nicht kennen, für die Betrachtung gewonnen wird; nicht die Chemie des Stoffes, sondern der Organismus ist das Entscheidende, von seiner Eigenart hängt die Empfindlichkeit ab — eine *Citromyces*-Art sah ich auf gesättigter Lösung freier Oxalsäure (ca. 10%) wachsen⁴⁾ — gerbsaure Substrate sind für nicht wenige Organismen gerade ein günstiger Boden. Ähnliches zeigen ja auch verwandte Fälle: Alcoholische, milchsäure, stark saure Flüssigkeiten überhaupt sind für sehr viele Pilze und Bacterien ganz ungeeignete Substrate, aber regelmäßig werden sie von einer besonderen Flora besiedelt; auf Nährlösungen mit der bacterienfeindlichen Milchsäure erscheinen mit der Sicherheit eines chemischen Experimentes *Oidium* und *Mycoderma*-Arten, das Product der Alcoholgärung zieht Essigbacterien an, in stark sauren Zuckertlösungen treten unfehlbar ganz bestimmte acidophile Schimmelformen auf (*Penicillium luteum*, *Aspergillus niger*,

1) V. TUBEUF setzte seinen Culturen direkt 3% Citronensäure zu (Centrabl. f. Bact., II, 1902, 9, 130). Mineralsäuren wirken jedoch anders.

2) Von ähnlicher Wirkung wie Gerbsäure ist — wie ich früher zeigte (Note 1, p. 36) — Maleïnsäure (aber nicht die isomere Fumarsäure!); als freie Säure wirkte sie antiseptisch, als Alkalisalz war sie ein (schlechter) Nährstoff. — Es sei auch auf die ungleiche Wirkung der Benzoesäure und ihrer verschiedenen Oxysäuren (Salicylsäure, Gallussäure, Chinasäure) hingewiesen.

3) E. FISCHER und K. FREUDENBERG, l. c., 922.

4) Chem.-Zeitung, 1909, Nr. 147.

*Citromyces*¹⁾, concentrierte zuckerreiche Maischen werden regelmäßig milchsauer. Hierher gehört auch die unausbleibliche „Verschimmelung“ von Tanninlösungen durch ganz bestimmte, noch wenig studierte *Penicillium*-Species. Besondere chemische Bedingungen haben eine Auswahl der Pilzflora zu Folge, dahin rechnet wohl ebenfalls die Erscheinung, daß am Holz noch stehender Eichen gerade bestimmte Pilzarten („Eichenschwämme“) ganz regelmäßig aufzutreten pflegen.

So sind *Daedalea quercina* PERS., *Polyporus frondosus* SCHRAD., auch wohl *Fistulina hepatica* FR. fast nur Bewohner dieser Holzart, während andere — *Polyporus sulfureus* FR., *P. igniarius* FR. z. B. — trotz besonderer Vorliebe für Eichenholz auch noch andere Laubholzarten (Buche, Kern- und Steinobstarten) — aber kaum Nadelholz — heimsuchen; gegenüber der scheinbar garnicht wählerischen und Nadel- wie Laubholz (auch Eiche) angreifenden *Armillaria mellea* FL. Dan. stehen bekanntlich viele Holzschwämme, die nie an Eichenholz vorzukommen scheinen. Ob sie auf diesem Substrat nicht gedeihen, bliebe zu prüfen. In die physiologische Gruppe dieser, welche also Eichenholz im allgemeinen auch wohl nicht zersetzen, darf man *Merulius* und *Coniophora cerebella*, vielleicht ebenso den *Polyporus vaporarius* der Literatur, stellen²⁾. Daß für Besiedelung einer Holzart ihr etwaiger Gehalt an besonderen physiologisch wirksamen Stoffen ausschlaggebend mitspricht, ist an sich klar³⁾, natürlich entscheidet

1) C. WEHMER, Säure-liebende Pilze. (Beiträge zur Kenntnis einheimischer Pilze, II., 1895, Heft II, S. 140.)

2) Einige hierher gehörige Tatsachen findet man bei MAYR („Die Aufzucht eßbarer Pilze im Walde“, Naturw. Zeitschr. f. Forst- und Landwirtschaft, 1909, 7, 278 u. 279) gelegentlich seiner interessanten Mitteilungen über den in Japan auf Eichenholz für Speisezwecke gezüchteten *Agaricus Shiitake*. Bei den in Deutschland vom Verf. angestellten Züchtungsversuchen wurden infizierte Prügel von Buchen, Birken und Hainbuchen der ganzen Länge nach in eine weiße brüchige Masse verwandelt, bei Eichen drang das Mycel nur bis in den äußeren Kern, ähnlich freilich bei Nadelholz, das überhaupt nur schwach infiziert wurde. Ebenda wird mitgeteilt, daß zufolge MIMURA *Armillaria edoidea* in Japan als Nährsubstrat Eichenholz braucht (nur Splint), *Tremella fuciformis* dagegen Nadelholz. Auch *Lenzites* greift zufolge der Literatur Eichenholz anscheinend überhaupt nicht an.

3) „Holz“ nehme ich hier also lediglich als totes Substrat, keineswegs sollen damit die bekannten engen Beziehungen zwischen Wirt und

er noch nicht darüber, ob die Substanz eines solchen Holzes nun auch enzymatisch von dem betreffenden Pilz zersetzt wird. Das ist eine andere Frage. Eine Parallele zwischen *Daedalea quercina* PERS. und *Merulius lacrymans* ist lehrreich, beide besitzen offenbar kräftig wirkende zellwandlösende Enzyme, trotzdem verhält letzterer sich dem gleichen Substrat gegenüber neutral, er läßt es intakt, selbst wenn er einmal darauf zur Entwicklung kommt. Genauerer Verfolg wäre dankbar.

Man hat da drei Fälle, es würde das Verhältnis folgendes sein:

	Zersetzt durch		
	<i>Merulius</i>	<i>Daedalea</i>	<i>Armillaria</i> ¹⁾
1. Fichte und andere Nadelhölzer	+	?	+
2. Buche	+	?	+
3. Eiche.	—	+	+

Immunität des Eichenholzes gegen *Merulius* wie Disposition derselben Holzart für *Daedalea* würden auf Rechnung ein und desselben Holzbestandteils zu setzen sein. Es bleibt zu prüfen, wie sich Schwämme vom Charakter der *Daedalea quercina* gegen Buchen- und Nadelholz verhalten.

Will man nicht auf eine erhebliche Verschiedenheit der Enzyme beider zurückgreifen, so liegt die Deutung in obigem Sinne am nächsten, es würde die für *Merulius* nachteilige Gerbsäure den Schutz des Eichenholzes bedingen²⁾. Wie weit die

Parasit berührt werden; eine Grenze zwischen „Saprophyt“ und „Parasit“ ist bei diesen Pilzen übrigens kaum zu ziehen, in toten Teilen lebender Bäume wachsende Pilze sind mit Rücksicht auf das bewohnte Substrat reine „Saprophyten“, für den Baum als solchen immerhin „Parasiten“, zumal wenn sie auch lebendes Gewebe abtöten. Tote Elemente fehlen selbst nicht im Splint. Hierher gehörige Beispiele findet man bei TUBEUF, Pflanzenkrankheiten, 1895, 8—9. — Natürlich ist das Verhältnis eines Pilzes zur Substanz der Holzwände im Grunde genommen kein anderes als etwa das zu den einzelnen Zuckerarten, die Verarbeitung resp. Spaltung setzt enzymatische Fähigkeiten voraus.

1) Besser wäre hier wohl ein anderes Beispiel, etwa *Chlorosplenium aeruginosum* (*Peziza ac.*) oder *Polyporus sulfureus*, für die außer Eiche und Nadelholz auch Buche bzw. Esche als Substrat angegeben werden (TUBEUF, Holzzerstörende Pilze in LAFAR, Techn. Mycologie, 2. Aufl., III, 1907, 298. HARTIG, Baumkrankheiten 1889, 51).

2) Da die spezifischen Zersetzungserreger des Eichenholzes den Verhältnissen „angepaßt“ sind, möchte ich darin keinen großen „Nutzen“, somit

„Immunität“ reicht, hinge natürlich insbesondere von dem Gehalt an derselben ab. Ähnlich dem von *Quercus* dürfte sich das Holz der Kastanie (*Castanea*) und Walnuß (*Juglans*)¹⁾, wohl auch noch das einiger anderer Laubholzarten verhalten; Nadelhölzer, auch z. B. das xylanreiche harte Buchenholz (*Fagus*) würden aus gleichem Grunde als gerbsäurearm vorweg für die Zersetzung „disponiert“ sein; Speculationen haben da aber keinen Wert, es müssen Tatsachen sprechen. Hemmend wirkende Stoffe werden bekanntlich von Pilzen durch eigene Tätigkeit in manchen Fällen durch Zersetzung beseitigt, man darf also nicht übersehen, daß auch Körper von Art der veränderlichen Tannine im pilzlichen Stoffwechsel mehr oder minder energisch angegriffen werden²⁾ (Spaltung, Oxydation, Reduction), hierfür aber gerade die allgemeinen Versuchsbedingungen (Temperatur, Anwesenheit guter Nährstoffe, Concentration u. a.) von wesentlicher Bedeutung sind. Unter experimentell herbeizuführenden besonders günstigen äußeren Verhältnissen beseitigt *Aspergillus niger* die nachteilige Wirkung der freien Oxalsäure durch deren glatte Zersetzung³⁾, es mag also auch *Merulius* unter geeigneten günstigen Umständen mit Gerbsäuren fertig werden, deren hemmende Wirkung der freier Oxalsäure ungefähr gleich steht. So erschiene mir die experi-

auch keinen Grund zu einer besonderen teleologischen Bewertung von Gerbstoffen überhaupt, sehen.

1) *Daedalea quercina* PERS. fand ich in einem einzigen Falle bislang auch an dem Holz eines noch stehenden älteren Walnußbaumes (Freiburg a. E. 1901), sonst nur an *Quercus*, wo sie bekanntlich die fast regelmäßige Vegetation alter Stöcke bildet.

2) Ob von Holzschwämmen der „Gerbstoff“ reichlich aufgenommen und zersetzt wird, wie das NAUMANN früher angab (Dissertation, Dresden 1895), bedürfte einmal einer genaueren Feststellung. Andere Arten sollen nach demselben überhaupt keinen Gerbstoff aufnehmen und gerbstofffrei sein, gerade dies gibt derselbe für *Daedalea* an, indes sonstige Eichenschwämme bis 1% enthielten. Die Frage müßte an der Hand künstlicher Culturen und geeigneter analytischer Verfahren wieder aufgenommen werden. — Über Oxydation von Benzolderivaten in der Sauerstoffatmung s. CZAPEK, Biochemie der Pflanzen, II, 1905, 464.

3) C. WEHMER, Entstehung und physiologische Bedeutung der Oxalsäure im Stoffwechsel einiger Pilze (Botan. Ztg. 1891, 49, 455, sowie Ber. Botan. Ges. 1891, 9, 163 u. 218). — R. HARTIG läßt *Polyporus igniarius* den Eichengerbstoff zuerst aufnehmen und verarbeiten. Lehrbuch der Baumkrankheiten, 2. Aufl., 1889, 50.

mentelle Beseitigung der Immunität des Eichenholzes — auch ohne Extraction der Gerbsäure — immerhin denkbar.

Es bleibt für die weitere Hausschwammforschung allein nach dieser Seite schon eine ganze Reihe noch unerledigter Punkte; im weiteren Umfange als das bisher geschehen, muß sie sich wohl physiologischen und chemischen Fragen zuwenden.

3. Ansteckungsversuche mit verschiedenen Holzarten durch *Merulius*-Mycel.

(Mit 3 Textbildern.)

Infectionsversuche mit Hausschwamm müssen, wenn ihre Resultate auf practische Verhältnisse übertragbar sein sollen, selbstverständlich unter möglichst natürlichen Bedingungen angestellt werden. Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, begann ich im Mai 1912 eine kurze Reihe solcher Experimente mit verschiedenen Hölzern in meinem Versuchskeller direct auf dessen porösen Backsteinflußboden. Zu der constanten Feuchtigkeit der Kellerluft kommt hier als mitwirkender Factor also die Bodenfeuchtigkeit, welche aufgelegte Holzproben allmählich näßt, Glasschalen beschlagen unterseits mit feinen Wassertropfen. Der Pilz wuchs auf diesem Fußboden in üppigen weißen Mycelrasen, ausgehend von einem größeren inficierten Fichtenholzstück (p. 63).

Der Ausfall dieser Versuche widerlegt zunächst die Meinung, daß nur wasserdampfgesättigte Luft für den Befall unsterilisierten Holzes optimale Bedingungen schafft, höherer Feuchtigkeitsgehalt des Holzes unter natürlichen Verhältnissen also von Nachteil sei. Im Gegenteil wächst und wirkt unser Pilz da am besten auf direct feuchtem Substrat, also auch auf den wassergetränkten Teilen sonst lufttrockener Hölzer¹⁾. Hier vermag er bei längerer Einwirkung selbst Eichenholz stellenweise in bescheidenem Maße anzugreifen, während rund achtmonatiges Bewachsen dagegen nicht genügte, die nur luftfeuchten Teile dieser Holzart irgendwie zu beeinflussen. Weiterhin ergab sich,

1) Zu den übrigens nicht näher belegten Angaben bei R. FALCK (*Merulius*-Fäule, p. 305) steht auch dies in directem Gegensatz.

daß verschiedene andere Holzarten das Eichenholz in der Resistenz noch übertreffen, *Merulius* also keineswegs — selbst unter optimalen Bedingungen — so ziemlich alle Hölzer zersetzt. Mahagoni-, Teak-, Cedrela- und Robinienholz vermorschten selbst im feuchten Zustande nicht, indes das Holz von Linde, Birke, Buche, Ulme, Fichte schon lufttrocken durch das berührende Mycel stark oder völlig zersetzt wurde¹⁾.

In folgendem gebe ich den Verlauf etwas ausführlicher wieder:

Verwendet wurden Stücke von Fichte (*Picea excelsa* LK.), Buche (*Fagus silvatica* L.), Eiche (*Quercus pedunculata* EHRH.), Ulme (*Ulmus campestris* L.), Linde (*Tilia parvifolia* EHRH.), Walnuß (*Juglans regia* L. und *J. nigra* L.), Robinie (*Robinia Pseudacacia* L.), Mahagoni (*Swietenia Mahagoni* JACQ.), Teakholz (*Tectona grandis* L.), „Cigarrenkistenholz“ (*Cedrela odorata* L.), Birke (*Betula alba* L.).

Die Versuchsstücke stammten teils aus meiner Sammlung²⁾, teils waren sie aus neuen Brettern geschnitten, das Cedrelaholz von einer (gebrauchten) Cigarrenkiste. Alle wurden mehrere Tage vor Versuchsbeginn in den Keller gebracht, besaßen also dessen Temperatur- und Feuchtigkeitsgehalt. *Merulius* wuchs hier von einem angesteckten großem Fichtenholzstück ausstrahlend als üppiges junges schneeweißes Luftmycel im Durchmesser von ca. $\frac{1}{2}$ m auf dem Backsteinboden, zeigte auch die Entwicklung von fünf jungen Fruchtkörpern. Die Holzproben lagen in kurzen Abständen nebeneinander, möglichst in Richtung des ausstrahlenden Pilzmycels genau vor diesem, Auslegen fand am 5. Mai 1912 statt, also zu einer Zeit, wo der Pilz günstige Temperatur vorfand.

Der Versuch entsprach zunächst nicht meinen Erwartungen. Noch nach 10 Tagen waren die Mycelien nicht auf die Hölzer übergewachsen, im Gegenteil war das Luftmycel etwas von den

1) In der Literatur gilt von diesen Holzarten das Buchen-, Ulmen-, Birken- und Mahagoni-Holz (neben Fichten- und Eichenholz) als durch Hausschwamm zerstörbar; soweit ich sehe, kennt dieselbe bislang überhaupt keine Ausnahmen. Die Angaben hierüber stellte ich bereits früher (s. oben p. 14) zusammen.

2) Birke, Linde, Walnuß, Robinie, Teak, Mahagoni, alle in glatten Sammlungsstücken ca. 10 Jahre aufbewahrt. Fichte, Buche, Eiche aus Brettern neu geschnitten (wohl meist Reif- bzw. Kernholz).

vorher berührten Holzstücken zurückgewichen. Es wurden deshalb jetzt alle Stücke um ca. 4 cm vorgezogen und direct auf den Rand des jungen Mycelrasens gelegt. Auch das schien zunächst ohne Einfluß, selbst nach 4 Wochen (Anfang Juni) war kein Erfolg sichtbar, der Pilz hatte vielmehr aufgehört, sich peripher auszu dehnen, verfärbte sich ins trübgraue und war merklich zusammengesunken. Die Lufttemperatur des Kellers war zu dieser Zeit von $8,5^{\circ}$ auf $11,2^{\circ}$ gestiegen, das Hygrometer zeigte ziemlich gleichmäßig 90—94% Feuchtigkeit, die Einzelheiten hierüber sind unten genauer zusammengestellt (s. p. 49).

Endlich, gut 4 Wochen nach Versuchsanfang, begann (8. Juni) sich die Sachlage zu ändern (Kellertemperatur $12,7^{\circ}$, des Bodens 11°), das Mycel wuchs auf mehrere der Holzstücke hinüber. Am 22. Juni lebhafter Fortschritt und 4 Wochen später (18. Juli) waren die *Merulius*hyphen auf alle Holzstücke (mit einer Ausnahme) übergegangen. Die Lufttemperatur im Keller war jetzt auf $15,2^{\circ}$ — 16° (Maximum) gestiegen, Hygrometer zeigte gleichmäßig 91—92% Feuchtigkeit. Im Laufe des Augusts waren dann fast alle Holzstücke dicht mit schneeweißem Mycel überwachsen, dasselbe hatte seine Peripherie 30 cm über dieselben hinaus ausgedehnt. Das blieb auch im Verlauf des Septembers so, von vielen Holzproben war unter der dichten Myceldecke nichts mehr zu sehen, auf Buchen- und Ulmenholzstücken bildeten sich Fruchtkörper (Temperatur $12,5^{\circ}$, Hygrometer 92%). Das gleiche Bild zeigte noch der Oktober ($10,2^{\circ}$, 92% Feuchtigkeit), im November begann eine Verfärbung des Mycelrasens, er verfiel dann in den folgenden Monaten; die Holzproben waren jetzt mit gelblichen Häuten und ebensolchen feinen Strängen — mit diesen zumal unterseits — bedeckt, welche sich auf den Backsteinfußboden fortsetzten und sie mit demselben fest verbanden. Beim Aufnehmen mehrerer Stücke für die Untersuchung mußten sie mit diesen Strang- und Hautresten abgerissen werden (14. März 1913, also gut 10 Monate nach Beginn, 8 Monate nach Bewachsen.)

Merulius umwächst hiernach also wahllos alle Holzarten ohne Unterschied¹⁾, welche er davon wirklich zersetzt, ergibt sich erst bei genauerer Untersuchung der Proben.

Das Resultat sei hier kurz zusammengezogen: von den 20 Holzproben hatten genau 5 ihre völlig unveränderte physi-

1) Ausnahme *Juglans nigra*, was nachzuprüfen ist.

auf der Unterseite wesentlich höher als oben, hier sind sie relativ trocken, dort deutlich mit Wasser gesättigt. Man stellt das bereits bei Betrachtung mit bloßem Auge unschwer fest, die Unterseite ist meist auf mehrere Millimeter bis ca. 1 cm hoch dunkler gefärbt, sie saugt die Wassertröpfchen der Bodenfeuchtigkeit reichlich auf, ist mehrfach auch direct mit solchen beschlagen. Schwammentwicklung und Zersetzung sind unterseits durchweg am stärksten. Die leicht angreifbaren Holzarten vermorschten aber schon, soweit sie nur von den *Merulius*-Häuten — also auch oben — bloß bedeckt sind, die Eichenholzproben jedoch nur unterseits wenig regelmäßig und in meist geringfügigem Grade, hier war Mitwirken directer Feuchtigkeit erforderlich¹⁾.



Fig. 2. Ulmenholz, wie Fig. 1, mit mehreren kleinen *Merulius*-Fruchtkörpern auf den Häuten. Vergr. ca. $\frac{1}{2}$.

Im einzelnen wurde bei den Versuchsstücken folgender Sachverhalt festgestellt; die Härte wurde durch Einstechen mit spitzem Taschenmesser bestimmt:

Holzproben von 1912 bis März 1913 auf Backsteinfußboden des Kellers liegend, von *Merulius* ab Juli (7—8 Monate) überwachsen.



Fig. 3. Robinienholz mit Häuten und Strängen des *Merulius* überzogen. Allseitig unverändert hart. Vergr. ca. $\frac{1}{2}$.

I. Völlig unverändert.

1. Teak [*Tectona grandis*] (glattes Brett aus Sammlung, 11,5:5,5:1 cm).—

Ist von dichter *Merulius*-Haut allseitig stark überwachsen, oberseits ein reifer Fruchtkörper von 4 cm Durchmesser. Trotz Durchfeuchtung der

1) Feuchtigkeitsgehalt der porösen Backsteine; der Steinfußboden des halb unter Tage gelegenen Kellers ist nicht etwa „naß“.

Unterseite ist das Brett in allen Teilen völlig unverändert, allseitig hart wie im Anfang.

2. Mahagoni [*Swietenia Mahagoni*] (größeres Sammlungsstück, glatt, 9:8,5:2,5 cm; rotbraun). — Ist nur bis zu halber Höhe von bräunlichgelber *Merulius*-Haut umwachsen, unterseits mit feinen gelblichen Strängen bedeckt. Unterseite feucht. — Härte und Aussehen der Oberfläche überall ohne jede Veränderung.
3. Robinie [*Robinia Pseudacacia*] (Stück Kernholz aus Sammlung, 9,5:5,3:3,4 cm). — Mit dichter bräunlichgelber *Merulius*-Haut, unterseits auch mit anliegenden Strängen von 2 mm Dicke bedeckt. — Selbst die feuchte Unterseite ist unverändert hart, Messerspitze dringt nirgends ein (s. Fig. 3).
4. Schwarze Walnuß [*Juglans nigra*] (rotbraunes Kernstück aus Sammlung, Brett von 11:4,5:1,5 cm). Das Stück war ganz frei von *Merulius* geblieben, lediglich an einer Stelle der feuchten Unterseite zarte helle Stränge neben Spur Mycel. Physikalisch natürlich unverändert. — Ob hier ein Zufall vorliegt, lasse ich zunächst dahingestellt, der Versuch wird wiederholt.
5. Cedrela-Holz [*C. odorata*] (direct als Cigarrenkiste [gebraucht], verwendet). Das Kistchen war monatelang von üppigem *Merulius*-Mycel völlig bedeckt, wurde auch von dem es berührenden jungen Mycel ohne Schwierigkeit „angenommen“. — Festigkeit der Kiste und Härte der Brettchen ist unverändert dieselbe geblieben.

II. Nur unterseits schwach angegriffene Hölzer.

6. Eiche [*Quercus pedunculata*] (4 Stücke, ca. 7,5:2:1,5 bis 9:2,5:1,80 cm, anscheinend nur Kern). Alle Stücke von gelblicher *Merulius*-Haut dicht umwachsen, diese oberseits zarter, unterseits derb, hier mit hellen Strängen. Unterseite der Probe ist bis ca. 1 cm empor deutlich durchfeuchtet, Oberseite trocken. — Die physikalische Beschaffenheit der Stücke ist im wesentlichen unverändert, bei mehreren jedoch die Unterseite etwas angemorscht, so daß die Messerspitze stellenweise 2—3 mm tief eindringt; übrigens sehr ungleichmäßig, bei 3 Stücken nur sehr wenig, so daß sie ohne nähere Prüfung ganz unverändert erscheinen, beim 4. Stück stärker ausgesprochen, zumal an einer bestimmten Stelle bis 3 mm tief morsch. — Resultat: Schwaches Morschwerden der dem feuchten Stein direct aufliegenden Unterseite, sonst unverändert fest.

III. Stark angegriffene Hölzer.

Zu diesen bildet Ulme, vielleicht auch Walnuß (*Juglans regia*, Splint) den Übergang, beide Holzproben waren erheblich, aber nicht durch die ganze Substanz, vermorscht.

7. Ulme [*Ulmus campestris*] (größeres glattes Stück aus Sammlung von rötlich graubrauner Farbe, anscheinend Kernholz, 8,7:6,6:2,7 cm). — Bewachsung durch *Merulius* dicht und in ganzem Umfange, kräftige

Häute mit drei alten Fruchtkörpern an den Seiten. — Nur stellenweise weich, zumal auf der unteren Fläche, Messerspitze dringt $\frac{1}{2}$ —3 cm tief ein; an anderen Teilen, so oben und an den Seiten, trotz dichter Bewachung durch *Merulius* unverändert hart (s. Fig. 2). Dieses Holz war jedenfalls erheblich widerstandsfähiger als die folgenden.

8. Gemeine Walnuß [*Juglans regia*] (kleines älteres Stück aus Splint, graugelb, aus Sammlung, 7,3 : 3 : 2 cm). — Bewachung durch die gelbliche *Merulius*-Haut allseitig. — Stark angegriffen unterhalb wie an den Seiten, nur noch oben hart, Messerspitze dringt unterseits ohne Schwierigkeit bis 2 cm tief ein.
9. Buche [*Fagus sylvatica*] (4 Stücke, von einem Brett abgespalten, wohl meist Reifholz, ca. 10 : 2 : 1,4 cm bis 13 : 1,7 : 1,2 cm).
 - Nr. 1: Stark von *Merulius* bewachsen, mit größerem alten Fruchtkörper. Ist gutenteils morsch, brüchig, nur teilweise noch widerstandsfähig.
 - Nr. 2: Fast allseitig mit Haut- und Strangbildungen bedeckt, besonders unterseits bis 2 cm tief weich, oberhalb stellenweise.
 - Nr. 3: Allseitig umwachsen, unten weich, oben härter, aber brüchig (leicht durchbrechend, wie Nr. 1).
 - Nr. 4: Unterseits bis zu $\frac{3}{4}$ der Dicke korkweich, nur oben noch hart. Bewachung allseitig.

Die drei folgenden Holzarten rechnen offenbar zu den am leichtesten zersetzbaren, stehen darin einander auch wohl ziemlich gleich.

10. Linde [*Tilia parvifolia*] (glattes Brettstück aus Sammlung, 11,5 : 3,6 : 1,7 cm). — War fast allseitig bewachsen. Das ganze Stück läßt sich wie Pappe mit dem Messer glatt durchstechen, völlig morsch.
11. Birke [*Betula alba*] (größeres glattes Sammlungsstück, 10 : 5,7 : 3 cm). — Zu ungefähr $\frac{3}{4}$ umwachsen. Mit Ausnahme der pilzfreien Oberseite morsch und weich wie Pappe, so daß Messerspitze mühelos tief eindringt; leicht (starke Gewichtsabnahme) — (s. Fig. 1).
12. Fichte [*Picea vulgaris*], 5 Stücke verschiedener Größe, teils aus Sammlung, teils von neuem Brett. Bewachung meist total. Die etwas kleineren Stücke (bis 7,3 : 0,5 : 3,3 cm) sind durch die ganze Substanz zersetzt, leicht und weich wie Kork, mit Fingernagel leicht eindrückbar, in der Hand zerbröckelnd. Ein 5. etwas größeres Stück (9 : 3 : 1,5 cm) ist nur zur Hälfte mit Hautbildungen und feinen Strängen bedeckt, nur oberseits (wo solche fehlen) noch fest, sonst gleichfalls in seiner ganzen Substanz morsch und weich wie die übrigen.

Aus den Versuchen ergibt sich also, daß unter natürlichen Verhältnissen höherer Feuchtigkeitsgehalt des Holzes die Schwammwirkung in ausgesprochener Weise begünstigt. Jede Prüfung von Holzproben gegen *Merulius* unter künstlichen

Bedingungen hat diesen Punkt notwendig zu berücksichtigen. Unterseits der Holzstücke entwickelt sich der Pilz am besten, bildet hier üppig Mycel wie Stränge und selbst Eichenholz wird da schließlich von ihm etwas angegriffen; ob hier ein durch die Feuchtigkeit bewirktes teilweises Extrahieren der Gerbsäure mit in Frage kommt, sei zunächst dahingestellt. Lediglich lufttrockne Holzteile (mit dem Feuchtigkeitsgehalt der Kellerluft) sind erheblich resistenter. Das Mycel überwächst sie zwar gleichfalls, übt aber nur bei den leichter zersetzlichen Hölzern eine nennenswerte Wirkung aus (Fichte, Linde, Birke, Buche), die anderen — und speciell auch Eiche — werden dadurch auch bei monatelanger Einwirkung nicht weiter alteriert.

Der Grund der völligen Resistenz von Teak-, Robinien-, Mahagoni-, Cedrela-Holz bleibt noch aufzuklären — diese Versuche werden fortgeführt — anscheinend dringen die Pilzfäden da überhaupt nicht ein, aus dem bloßen Bewachsenwerden sind noch keinerlei Schlüsse zu ziehen. Übrigens ist der Feuchtigkeitsgehalt von Buchen- und Eichenholz in der Kellerluft im allgemeinen etwas größer als der des Fichtenholzes (s. unten p. 51).

Gegenüber der früheren Ansicht, der zufolge *Merulius* so ziemlich alle Holzarten zersetzen sollte, erhellen unsere Versuche zur Genüge, wie verschieden sich diese gegen den Pilz verhalten. In etwas spielt dabei allerdings der besondere Grad des Feuchtigkeitsgehalts mit. Es bleibt nunmehr noch — in schon angestellten Versuchen — zu prüfen, wie der Ausfall bei völliger Sättigung mit Wasser sein wird.

Von den benutzten Hölzern gilt Ulmenholz als verhältnismäßig dauerhaft; Linde, Birke und Buche stehen darin wohl auf der untersten Stufe; an Härte übertreffen Buche, Birke und Linde das Fichtenholz erheblich, Ulme, Buche, Walnuß, Robinie gelten neben Eiche u. a. als harte Hölzer; die Widerstandsfähigkeit von Mahagoni, Teak, Robinie und Cedrela ist von rein physicalischem Gesichtspunkte aus zwar verständlich, es zeigen die Tatsachen jedoch, daß die physicalischen Eigenschaften einer Holzart keineswegs allein entscheidend sind, allem Anschein nach spielen chemische Momente mit. Leider ist über die Chemie der gegen *Merulius* resistenten Hölzer — mit Ausnahme des Eichenholzes — nicht allzuviel bekannt. Neben der besonderen chemischen Beschaffenheit der Fasersubstanz kommen

spezifische Inhaltsstoffe mit hemmender Wirkung auf Pilzwachstum oder Enzymäufierungen in Frage. Für Mahagoniholz wird Katechingehalt, für *Tectona* ein Harz mit Tectochinon angegeben, in dem von *Cedrela* findet sich ätherisches Öl mit Kohlenwasserstoffen¹⁾; über Robinie und Walnuß finde ich keine Angaben (Gerbstoffe?), zumal das Robinienkernholz stand aber in seiner völligen Unveränderlichkeit neben Mahagoni und Teak. Physiologisch bietet der Weiterverfolg dieser Fragen zweifelsohne erhebliches Interesse, in practischer Hinsicht werden dadurch einige Beiträge zur Frage nach der Widerstandsfähigkeit und Haltbarkeit verschiedener Holzarten überhaupt gewonnen; darüber gehen die Angaben in technischen Werken bislang stark auseinander. Alle Ermittlungen über Holzresistenz haben aber notwendig auch die Höhe des Gehaltes an spezifisch wirksamen Stoffen, überdies den Gehalt an guten Pilznährstoffen (Kern, Splint!) zu berücksichtigen; „Holz“ ist keine einheitliche chemische Verbindung, sondern ein nach Alter und Umständen wechselndes Gemenge verschiedenartiger Substanzen. Wichtig ist auch der besondere Feuchtigkeitsgehalt desselben.

Temperatur und Feuchtigkeit der Luft des Kellers im Verlauf der Versuche.

Zwecks Beurteilung mancher Punkte ist Kenntnis dieser Verhältnisse unumgänglich. Die Ablesungen fanden regelmäßig statt, sie ergaben eine große Constanz und wurden deshalb nur in Zwischenräumen für bestimmte Tage notiert. Ein sehr allmählicher Wechsel vollzieht sich allein in den Wärmeverhältnissen (Minimum im Winter ca. 4°, Maximum im Sommer 16°), die relative Luftfeuchtigkeit bewegte sich zwischen 90% und 95° (meist 90—93%), zeigt also Winter wie Sommer sehr geringe Schwankungen.

Die Wärmemessungen geschahen durch mehrere vorher miteinander verglichene Thermometer an drei Stellen: in 1 m Höhe, an der Bodenoberfläche und 1 cm unterhalb derselben (in der Erde). Differenzen sind vorhanden, aber sehr gering (von unten nach oben meist kaum 1° Unterschied), so daß hier nur die mittlere Zahl notiert ist. Etwas weniger genau sind die Feuchtigkeitsmessungen, aus practischen Gründen mußte

1) Vgl. C. WEHMER, Pflanzenstoffe 1911, p. 418.

dazu ein Haarhygrometer (Präcisionshygrometer besserer Construction von REINECKE-Hannover) benutzt werden, dessen Brauchbarkeit vorher (im dampfesättigten Raum) nach Möglichkeit kontrolliert wurde. Exactere Methoden zur Bestimmung sind unverhältnismäßig zeitraubend und hier schlecht durchführbar. Da mir die Lage des Taupunktes von Wichtigkeit scheint, ist derselbe stets gleichzeitig berechnet; je näher er der Lufttemperatur liegt, um so günstiger sind im allgemeinen die Verhältnisse für *Merulius* (Differenz), in der Kellerluft liegt er natürlich stets relativ hoch, durchweg kaum 1—2° unter der Temperatur des Raumes, somit ganz abweichend von den Verhältnissen im Wohnzimmer oder im Freien.

Mit dem gleichen Hygrometer gemessen, las ich zu verschiedenen Zeiten im Freien meist zwischen 55 und 96 % relat. Feuchtigkeit (6—8°) ab, im geheizten Wohnzimmer zwischen 23 und 45 % ($\pm 20^\circ$), in ungeheizten Räumen oberhalb des Erdbodens (1. Stock) 80—97 % (8—10°), jedenfalls gab der Apparat also prompt Ausschläge; die fast andauernde Constanz der Kellerfeuchtigkeit — worauf es mir zunächst ankommt — steht damit hinreichend fest; weiterhin freilich auch, daß lebhaftere *Merulius*-Vegetation und -Ansteckung durch Luftmycel keineswegs an einen maximalen Sättigungsgrad der Luft gebunden ist, wie das gelegentlich wohl angenommen wird¹⁾. Der Pilz braucht zu üppiger Entwicklung aber möglichst constante directe Feuchtigkeit (tropfbar flüssiges Wasser) als Boden- oder Condenswasser; aus gut wachsenden Luftmycelien kann man solches zwischen den Fingern tropfenweis auspressen. Gerade das bindet sein Vorkommen in der Hauptsache an die Nähe des Erdbodens, relative Feuchtigkeitsgrade, denen der Kellerluft entsprechend, hat man jedenfalls in der kühleren Jahreszeit sehr allgemein in ungeheizten Räumen auch oberer Stockwerke, ohne daß solche damit besonders Hausschwammgefährdet sind. —

Bei Betrachtung der Temperaturen der Kellerluft könnte man geneigt sein, die erst nach Wochen stattfindende Ansteckung mit dem Ansteigen der Wärme in Verbindung zu setzen. Einen Einfluß hat ja die Temperatur zweifelsohne auf die Schnelligkeit des Überwachsens, ich habe aber Infection von Holzproben im gleichen Keller auch noch bei 5—8° gesehen; der Pilz wird also nicht etwa erst bei ca. 11° infectionstüchtig. Ebenso wenig hängt

1) So auch von R. FALCK angegeben (*Merulius*-Fäule, 1912, p. 310), die Angaben dieses Untersuchers haben sich aber bislang fast durchweg als unrichtig erwiesen.

Ablesungen im Keller von März 1912 bis März 1913.

Datum	Hygrometer %	Lufttemperatur °	Taupunkt °	Versuchsverlauf
1912				
8. März	90	7	5,5	
6. April	92	8	6,2	
21. „	95	8,2	6,7	
5. Mai	90	8,5	7	Versuchsbeginn
10. „	90	10	8,5	} Ohne merkliche Wirkung
16. „	94	10,5	9,2	
20. „	92	11,2	9,7	
30. „	90	11,2	9,1	
5. Juni	90	11,8	10,3	} Holzproben etwas überwachsen.
8. „	90	12,7	11,2	
22. „	92	11,8	10,6	Fortschritt.
8. Juli	91	16	14,6	} Gutenteils überwachsen.
5. Aug.	92	15,2	13,9	
20. „	92	14,2	13	} Holzproben dauernd vom weißen Mycel bedeckt.
1. Sept.	92	13,8	12,4	
15. „	92	12,5	11,3	
5. Oct.	92	10,2	8,8	
26. Nov.	94	8	6,8	} Beginnende Verfärbung des Luftmycels und Zusammensinken zu gelblichen Häuten
22. Dec.	93	7	5,6	
1913 ¹⁾				
6. Jan.	—	7	—	} Beginnende Verfärbung des Luftmycels und Zusammensinken zu gelblichen Häuten
30. „	—	4,2	—	
14. März	—	6,6	—	
21. „	—	7	—	Versuchsabschluß.

der Verfall des Luftmycels ab November ca. mit der sinkenden Temperatur zusammen, es ist das vielmehr sein natürliches Lebensende, das bei anderen Versuchen also gerade so gut in das Frühjahr fallen kann.

Feuchtigkeitsgehalt der gesunden Versuchs-Hölzer.

Die sich aus den oben mitgeteilten Versuchen ergebende Tatsache, daß in gewissen Fällen erst directe Befeuchtung der Holzstücke durch die Bodenfeuchtigkeit zur Schwammzersetzung führt, letztere also lediglich bei sehr leicht angreifbaren Holzarten in wasserdampfreicher Luft durch bloße Berührung mit dem ihnen aufliegenden Mycel erfolgt, verlieren diese Feuchtigkeits-

1) Ab hier sind Hygrometerstand und Taupunkt nicht mehr notiert.
Wehmer, Pilze 3. 4

bestimmungen erheblich an Interesse. Immerhin mögen sie eine Vorstellung von dem Wassergehalt der Versuchshölzer geben, ohne dabei besondere Ansprüche nach irgendeiner Richtung zu stellen. Die Proben wurden absichtlich von verschiedener Herkunft und Größe gewählt, es mag das auf die bisweilen recht erheblichen Differenzen mitwirken.

In einigen Fällen wurde nur der Wassergehalt der vorher ca. 10 Wochen im Keller gehaltenen Proben, in anderen gleichzeitig auch der lufttrockner Stücke (im Laboratorium bei ca. 20° aufbewahrt) bestimmt; es wurde dann zunächst direct gewogen (stets in verschlossenem Wägegglas), darauf der Kellerluft ausgesetzt (alle gleichmäßig 1 m über Erde), wieder gewogen und nun bei allmählich auf 110° gesteigerter Temperatur bis zum constanten Gewicht getrocknet¹⁾; Abzug des zurückgewogenen Glases ergibt die drei hier in Frage kommenden Zahlen für wasserfreies, lufttrockenes (Laboratorium) und keller-trocknes gesundes Holz. Eine der Bestimmungen bezieht sich auf morsches *Merulius*-krankes Fichtenholz von einer Kistenwand im Keller zum Vergleich.

Der totale Feuchtigkeitsgehalt der Fichtenholzproben in der Kellerluft schwankte erheblich, unter Abzug einer extremen Zahl (20,72 %) bewegte er sich zwischen 11,4 und 16,8 %; 12—15 % darf wohl als ungefährender Mittelwert gelten, annähernd die Hälfte davon dürfte im Keller aufgenommen werden, der absolute Wassergehalt steigt hier bis auf über das Doppelte. Die beiden Bestimmungen für Eichenkernholz stimmen gut überein, der Wassergehalt des Kellerholzes belief sich auf 17—18 %, des an der Luft liegenden auf 12—13 %; bei der Buche waren die gleichen Zahlen ca. 18—23 bzw. 15—17 %, hier ist der Mehrgehalt also nicht sehr erheblich.

Der totale Wassergehalt des schwammkranken (morschen) Fichtenbrettes im Keller stieg auf 25,5 %. Genauere Zahlen s. umstehend (p. 51).

1) Es waren dazu 7—10 Tage erforderlich, weitere Fortsetzung des Trocknens ergab wieder langsame Zunahme; die Eichenstücke verlangten 12 Tage. Durchweg ist der größte Teil des Wassers schon nach 2 Tagen entwichen, von da an betrug die weitere Abnahme selten über 1—2 g.

Feuchtigkeitsgehalt (Januar—April 1912), vor Versuchsbeginn.

Holzart	Gewicht der Holzstücke ¹⁾ (g)			Wassergehalt				
	1. wasser- frei	2. luft- trocken (± 20 °)	3. im Keller (nach 74 Tagen)	1. luft- trocken		2. im Keller		Wäge- glas g
				g	%	g	%	
1. Eiche	57,11	65,71	69,59	8,80	13,09	12,48	17,95	78,16
2. „	59,69	68,34	72,17	8,66	12,66	12,48	17,31	121,14
3. Fichte	28,34	30,26	33,97	2,02	6,67	5,73	16,87	90,58
4. „	29,61	34,30	37,35	4,69	13,67	7,74	20,72	94,01
5. „	20,72	—	24,54	—	—	3,84	15,05	74,95
6. „ (morsch)	27,81	—	37,29	—	—	9,48	25,50	130,37
7. Fichte	39,66	—	44,78	—	—	5,12	11,43	84,92
8. „	16,44	—	18,67	—	—	2,23	12,0	103,67
9. „	17,65	—	20,32	—	—	2,67	13,1	98,8
10. Buche	9,53	11,48	12,38	1,95	17,0	2,85	23,0	30,13
11. „	18,64	21,92	22,68	3,28	14,96	4,04	17,8	26,81

4. Versuche über die Bedingungen der Holz- Ansteckung und -Zersetzung durch *Merulius*²⁾.

(Mit 2 Textbildern).

1. Infektionsversuche im Laboratorium und Keller.

Holzinfektionsversuche mit *Merulius* gingen bislang in der Regel von, als ansteckungstüchtig hinlänglich bekanntem, krankem

1) Überall auf 2 Decimale abgerundet. Nr. 6 ist ein Stück morsches Holz, zum Vergleich.

2) Kurze Darstellung dieser Versuche an der Hand von Lichtbildern gab ich gelegentlich der Jahresversammlung der „Vereinigung für Angewandte Botanik“ zu Berlin am 7. Oct. 1913 (s. Jahresber. der Vereinig. f. Angew. Botan. 11, 1914, p. 106).

Anmerkung bei der Korrektur. Kürzlich erschien eine Auslassung von R. FALCK, von demselben als „Kritische Bemerkungen“ zu meinen Hausschwammstudien benannt (Mycol. Unters. u. Ber. 1913, p. 67—76). Mit steigender Verwunderung habe ich die rein polemischen Ausführungen gelesen, sie lassen ihren Verfasser in etwas eigenartigem Lichte erscheinen. Sachliche und persönliche Differenzen geben hier Veranlassung zu einem unschönen Angriff, der an tendenziöser Entstellung der Tatsachen

Holz aus, das ist aber ein specieller Fall, er benutzt den Pilz in Verbindung mit seinem Substrat, dem dabei vielleicht noch eine besondere Rolle zufällt; einen besseren Einblick in den Vorgang der Ansteckung erhält man voraussichtlich durch Verwendung des Pilzes allein, also durch Reinculturmaterial. Die hier mitgeteilten Untersuchungen erstrecken sich über folgende Fragen:

1. Läßt sich gesundes Holz (Fichte) durch einfache Übertragung lebender Mycelteile anstecken oder spielen dabei besondere Bedingungen eine ausschlaggebende Rolle und welcher Art sind diese? Gewisses Maß von Feuchtigkeit als selbstverständlich angenommen.

2. Welchen Einfluß auf Entwicklung und Wirkung des Pilzes hat die wechselnde Beschaffenheit des Holzes? (Splint, Reifholz bzw. Kern usw.)

3. Bedeutung des besonderen Maßes von Substrat- und Luftfeuchtigkeit für Ansteckung und Zersetzung.

4. Gelingt die Ansteckung durch bloße Sporen-Übertragung?

5. Wie verhält sich der im Keller frei wachsende intacte *Merulius*-Rasen bzw. das aus kranken Holzstücken ausstrahlende Mycel, verglichen mit seinen abgetrennten Teilen, gegenüber gesundem Holz?

Das zur Beantwortung dieser, z. T. auch schon von früheren Untersuchern behandelten Fragen im Verlauf der letzten Jahre gesammelte experimentelle Detail ist unten ausführlicher zu-

und in anmaßendem Ton vorgebrachten banalen persönlichen Ausfällen einzig dasteht. Ihr Verf. scheint das für den geeigneten Weg zu halten, sich mit der öffentlichen Kritik auseinanderzusetzen sowie seinen Hypothesen und wenig exacten Experimenten den mangelnden Halt zu geben. Die diesen gemachten sachlichen Einwände glaubt er dagegen ignorieren zu dürfen (s. Mycol. Centralbl. 1913, 2, p. 214, Zeitschr. f. Botan. 1913, 5, p. 579, Chem. Ztg. 1913, Nr. 43), schwerlich werden sie durch hochtönende Belehrungen in Wort oder Schrift erledigt. Es ist zwar zu verstehen, wenn jemand bei Zeiten Sorge trägt, daß seine Publicationen von wohlwollenden Freunden besprochen werden, immerhin sollte er auch mit anderen Möglichkeiten rechnen und eine ruhige unabhängige Kritik, die ihm Mißvergnügen bereitet, nicht mit solchen Mitteln „totzuschlagen“ versuchen. Den sachlichen Wert der FALCKSchen „Kritischen Bemerkungen“ habe ich im Mycol. Centralbl. 1914, 4, 161, näher beleuchtet.

sammengestellt, ich fasse hier im voraus das Gesamtergebnis kurz zusammen:

1. Ansteckung mit isolierten Mycelstücken des Pilzes gelingt nur unter ganz bestimmten Bedingungen, die lebende *Merulius*-Hyphne ist selbst gegen feuchtes Holz keineswegs so unbedingt infectionstüchtig.

Ansteckung mißlingt in der Regel unter natürlichen Verhältnissen, also mit gewöhnlichem lufttrocknem oder feuchtem Holz im Laboratorium oder Keller, sie gelingt dagegen stets unter künstlichen Bedingungen, welche neben hinreichendem Wassergehalt des Substrats die Abwesenheit jeglicher Fremdorganismen gewährleisten, sowohl bei 6° wie bei ca. 20°. Das Mißlingen der Aussaat auf feuchter nicht steriler Holzoberfläche ist in erster Linie eine Wirkung der hauptsächlich aus Hefen und Bacterien bestehenden rasch aufkommenden Microflora des Holzes, der sich später gewöhnlich Schimmelformen beigesellen. Ihnen gegenüber kommt *Merulius* nicht auf.

2. Für rasche üppige Entwicklung des Pilzes spielt die Menge der im Holz vorhandenen wasserlöslichen organischen und anorganischen Nährstoffe eine wesentliche Rolle, so daß frischer Splint und altes Reifholz quantitativ ganz verschiedene Resultate ergeben. Künstliche Tränkung des Holzes mit Nährlösung gleicht das aus. Armut des Holzes an solchen Nährstoffen hat dürftige Entwicklung des Pilzes und nur schwache oder keine zersetzende Wirkung auf das Substrat zur Folge.

3. Eine ähnliche Rolle spielt das Maß der dem Pilz für seine Entwicklung zur Verfügung stehenden Substratfeuchtigkeit, die Luftfeuchtigkeit ist hier von mehr nebensächlicher Bedeutung; auf sog. luftfeuchtem¹⁾ Holz wachsen selbst in wasserdampfreicher Kellerluft die Hyphen der Aussaat nicht an, auch im feuchten Raum muß der Wassergehalt des sterilen Holzes wesentlich größer sein, je wasserreicher das Substrat (bis ca. 100 % Wasser), desto besser. Der junge sich entwickelnde Pilz bedarf auch hier flüssigen Wassers.

4. Ansteckung trockenem oder feuchtem Holz durch Sporenübertragung fand auch in feuchter Kellerluft nicht statt; nach

1) Auf das Unsichere solcher Bezeichnungen brauche ich übrigens wohl kaum weiter einzugehen.

dem Verhalten junger Mycelien unter solchen — natürlichen — Verhältnissen ist das wohl verständlich, auch für die etwaige Entwicklung des Pilzes aus Sporen wird man also keimfreies feuchtes Holz fordern müssen, solche also kaum unter natürlichen Bedingungen erwarten. Verständlich werden unter diesem Gesichtspunkt die vielen früheren negativen Versuche, gesundes Holz durch Sporeninfection anzustecken. Mit Sporen beimpfte Versuchshölzer steril zu erhalten, gelang mir bislang nicht. Stets kamen alsbald Infektionen — aber nie *Merulius* — auf.

5. Der intacte mit seinem Substratmycel in Zusammenhang stehende *Merulius*-Rasen wächst bekanntlich ohne besondere Schwierigkeiten auf das von ihm berührte gesunde Holz über, er ist für feuchtes wie lufttrockenes Holz, ungestört durch dessen Microflora, gleich infectionstüchtig. Zwischen ihm als Ganzes und seinen abgetrennten Stücken besteht in physiologischer Beziehung hiernach ein prinzipieller Unterschied; durch solche Abtrennung wird die jetzt nur noch unter künstlichen Versuchsbedingungen auf Holz mit Erfolg anwachsende Hyphe anscheinend „geschwächt“, allein durch organische Verbindung mit ihrem Substratmycel erlangte sie die fast unbeschränkte Infectionskraft, Ansteckungsfähigkeit auch unter natürlichen Verhältnissen. Die größere Empfindlichkeit der isolierten Mycelflocke ist als Folge der durch Versetzung unter ungünstigere Bedingungen (unterbrochene Nährstoff- und Wasserzufuhr) verminderten physiologischen Activität wohl verständlich. Aber selbst größere Deckenstücke oder Hautreste verhielten sich nicht anders.

Gerade die notorische Gefährlichkeit kranker, das bekannte ausstrahlende Luftmycel entwickelnder, Holzteile wird damit erklärlich, Ansteckung durch Hausschwamm unter den Verhältnissen der Praxis dürfte auch hiernach in erster Linie — vielleicht in den allermeisten Fällen — durch die Übertragung vorerkrankten Substrats stattfinden, einzelne Mycelteile und Sporen würden für seine Verbreitung aber keine besondere Rolle spielen, auf luftfeuchtem Holz kommen sie auch im feuchten Raume nicht zur Entwicklung, feuchtes keimfreies Holz existiert aber in der Natur kaum. Ausgenommen wären etwa nur solche Teile des Pilzkörpers (Dauerstadien, Stränge), die gleichfalls von sich aus bei bloßer Feuchtigkeitszufuhr leicht infectionskräftige Mycelrasen erzeugen können, Sporen oder Hyphen schlechthin liefern solche unter

natürlichen Verhältnissen nicht; die Infection durch *Merulius* scheint da also auf ganz bestimmte Fälle beschränkt. Nicht beliebige abgelöste Teile, sondern der bereits angewachsene Pilz selbst, wie er aus krankem Substrat oder Strängen sich an geeigneten Orten entwickelt, ist in der Praxis das Gefährliche. —

Die Untersuchungen begann ich seinerzeit mit Experimenten im Laboratorium, es wurde zunächst versucht, angefeuchtetes gesundes Fichtenholz in der großen feuchten Kammer durch Übertragung von Reinculturmateriale zu inficieren; weder der unbestimmte Wassergehalt noch Keimfreiheit des Substrats wurde in diesen zur ersten allgemeinen Orientierung unternommenen Versuchen genauer berücksichtigt. Mit aufgenommen wurden sie hier, da sie für richtige Beurteilung des empfindlichen Pilzes nicht ganz unwichtig sind; übrigens kam es mir begreiflicher Weise durchweg darauf an, nicht nackte Behauptungen, sondern für sie genauere Belege zu geben, in einigen Fällen auch schon von anderen angegebene Tatsachen durch experimentelle Nachweise schärfer zu stützen oder auch zu widerlegen. Gerade die Hausschwammliteratur ist bekanntlich leider reich genug an nicht hinreichend bewiesenen Angaben, das Experimentelle tritt vielfach stark zurück oder wird mehr nebensächlich — bisweilen als bloßes Beweismittel vorgefaßter Meinungen — behandelt¹⁾.

Der Ausgang dieser ersten Laboratoriumsversuche, bei denen selbst ansehnliche Deckenstücke erfolglos übertragen wurden, mußte nach dem, was über die Gefährlichkeit des *Merulius* für gesundes Holz angegeben wird, auffällig erscheinen; die Experimente wurden deshalb alsbald in den Versuchskeller mit hoher relativer Luftfeuchtigkeit und constanter Temperatur verlegt, lieferten allerdings auch hier kein anderes Resultat; Ansteckung unter natürlichen Verhältnissen durch Mycelstücke gelang nicht. Daß sie unter richtig gewählten künstlichen Bedingungen jedoch eintritt, zeigten dann die weiteren, unter bacteriologischen Vorsichtsmaßregeln wieder im Laboratorium angestellten Versuche. Im wesentlichen handelt es sich dem Anschein nach um eine combinierte Wasser- und Concurrenzfrage. Allerdings spielt noch anderes hinein. Der Ansteckung — also zunächst dem Bewachsen des Substrats — braucht, wie sich herausstellte, noch

1) Es genügt der Verweis auf die Arbeiten R. FALCKS.

nicht notwendig stärkere Zersetzung (Vermorschen des Holzes) zu folgen, diese hängt in kleineren Experimenten beim Fichtenholz wesentlich von dem (wechselnden) Gehalt an wasserlöslichen Nährstoffen mit ab. Weiterhin zeigte sich aber, daß hier gerade der Wassergehalt des Holzes von besonderer Bedeutung ist, hohe Luftfeuchtigkeit für die *Merulius*-Entwicklung dagegen erst in zweiter Linie eine Rolle spielt.

Dem hier kurz skizzierten Gang der Arbeit entsprechend habe ich die Wiedergabe auf äußerlich getrennte Capitel verteilt; diese behandeln im einzelnen folgende besonderen Punkte:

1. Infectionsversuche mit Reinculturmycel im Laboratorium,
2. Ansteckungsversuche mit Mycelteilen des Lufrasens im Keller,
3. Wirkung des Sterilisierens,
4. Versuche mit künstlicher Tränkung des Holzes durch Nährlösung,
5. Einfluß der Kellertemperatur auf Anwachsen der Impfung,
6. Unterschied von Splint und Reifholz,
7. Bedeutung von Substrat- und Luftfeuchtigkeit,
8. Ansteckungsversuche mit Sporen,
9. Ansteckungsversuche mit dem intacten Mycelrasen,
10. Infection durch krankes Holz.

Bei allen Impfversuchen mit Mycel diente als Aussaatmaterial eine mittelst steriler Platinnadel entnommene Flocke von jungem kräftigem Luftmycel (von Weizenkorn- bis über Walnußgröße ansteigend) oder ebenso übertragene Teile von jungen Decken (auf Würzeagar, Zuckerlösung usw.). Wo nicht anderes bemerkt, ist unter Holz stets Fichtenholz (neues Bretterholz, Reifholz) verstanden. Weiteres Detail ist unten angegeben. Die Impfflocke entwickelt da, wo sie anwächst, in den nächsten Tagen zunächst zarte kurze in den Luftraum emporragende Hyphen, denen alsbald feine helle, sich allseitig dicht über das Substrat ausbreitende Fäden folgen. Je nach den besonderen Bedingungen stellt sich das schließliche Resultat im wesentlichen dann unter drei, durch einige unten wiedergegebene Photographien illustrierten, Hauptbildern dar:

1. Minimale oder ganz ausbleibende Entwicklung, meist ohne jede sichtbare Wirkung auf das Substrat (so auf unsterilisiertem nassen oder sterilem luftfeuchten bzw. wasserarmen Holz).
2. Entwicklung zu spärlichen reinen Vegetationen, aus spinnwebig das Holz überziehenden grauweißen Hyphen bestehend.

Wirkung auf das Substrat schwach bis unmerklich, nur oberflächlich (so oft auf sterilem gut durchfeuchtetem Fichtenreifholz).

3. Üppige Entwicklung zu charakteristischen Culturen mit hohem Luftmycelrasen und hellen Strangbildungen. Intensive Wirkung auf das Holz; Verfärbung, tiefgehende Zersetzung, beim Eintrocknen Schwindrißbildung (auf sterilem nassem Splint, Reifholz mit Nährlösungstränkung).

A. Infectionsversuche mit Reinculturen im Laboratorium.

Zur Übertragung benutzt wurden Culturen auf verschiedenen Substraten (Culturröhrchen mit gekochten Kartoffeln, Würzeagar usw.) mit kräftigen Luftmycelien, nur in üppigen jungen Vegetationen; Holzstücke lufttrocken oder mäßig mit Wasser durchfeuchtet, teils unter der Wasserleitung nur abgewaschen, teils vorher in Wasser kurz aufgekocht bzw. gedämpft oder vorschriftsmäßig sterilisiert. Je nach ihrem Umfange waren sie in große feuchte Kammern, Cylindergläser mit Glasstopfen oder gewöhnliche bzw. ERLENMEYER-Kolben mit Watteverschluß eingelegt. Meine ursprüngliche Annahme, daß zur Ansteckung durch lebenskräftige Pilzteile diese Versuchungsordnung ausreicht, erwies sich bald als unzutreffend, die meisten Versuche verliefen völlig negativ. *Merulius* wuchs unter solchen Umständen in der Regel überhaupt nicht an, die Impfflocke oder das Deckenstück gingen unter Verfärbung langsam zu grunde. Im günstigsten Falle — so zumal bei Übertragung ansehnlicher Deckenteile aus Zucker- oder Agarculturen — konnte auf den gekochten Holzproben in der großen feuchten Kammer eine dürftige Vegetation aus feinen, dem Substrat dicht anliegenden schneeweißen Hyphen gezogen werden, die aber selten über 1—2 cm weit hinausgriff und dann stillstand um langsam zu verkommen, auch wo die Versuche Wochen und Monate lang fortgeführt wurden. Nur in einem einzigen Falle habe ich später unterhalb des übertragenen Deckenstückes eine mäßige localisierte Vermorschung der Hirnfläche festgestellt, der Pilz war aber auch hier nicht über die Holzoberfläche weitergewachsen. Die ganze Erscheinung war mir lange Zeit um so rätselhafter, als die Oberfläche der Holzproben oft völlig unverändert und frei von sichtbarer anderweitiger Vegetation blieb; Schimmelwucherungen stellten sich auf den gekochten Stücken überhaupt nicht oder doch

erst spät und dürrtig ein (aus den Keimen des Luftraums der Kammer), auf den im Kolben gut sterilisierten natürlich nie.

Die Impfung gesunden, selbst angefeuchteten, Holzes mit lebendem Mycel aus Reinculturen war somit erfolglos, es vermag der Pilz unter solchen Umständen, die übrigens bezüglich der ungekochten Holzproben den natürlichen Verhältnissen der Praxis ähneln, nicht festen Fuß zu fassen, was dagegen bekanntlich prompt eintritt, sobald man als Impfmateriel krankes feuchtes Holz mit entwicklungsfähigem Mycel benutzt. Ich suchte den Grund des Mißlingens zunächst in Feuchtigkeitsverhältnissen der Versuchsatmosphäre, eine genaue Controlle dieser innerhalb der Kolben und feuchten Kammern hat ihre Schwierigkeiten; hinzu kommt auch, daß gerade darin mit der Überführung der empfindlichen Pilzmasse unter andere Versuchsbedingungen ein Wechsel stattfindet, das Impfmateriel überdies mit der trockeneren Laboratoriumsluft — wenn auch nur einen Augenblick — in Berührung ist. Diese Erwägung war dann für eine Wiederholung der Experimente im Keller, also unter absolut gleichbleibenden äußeren Verhältnissen, wesentlich maßgebend (s. p. 62). Ich gebe hier zunächst die Versuche wieder.

Experimentelles¹⁾.

Übertragung von Reinculturmycel auf Holzproben bei Laboratoriums-temperatur.

1. Versuche in großer feuchter Kammer oder Cylinder-gläsern.

(Holzstücke vorher gut befeuchtet, unter Wasserleitungsstrahl mechanisch gereinigt, z. T. auch kurz mit Wasser aufgekocht oder einmal gedämpft.)

Versuch 1 (20. VII. 09 — 1. XII. 10). — Übertragung der gesamten Pilzmasse eines Culturröhrchens (Reincultur auf Zuckerlösung) auf 4 Stücke Fichten- und Kiefernholz (ca. $9 \times 4 \times 3$ und $9 \times 9 \times 4$ cm), vorher 1 Stunde kalt gewässert, Cylinderglas, 25 cm hoch, mit eingeschliffenem Glasstopfen. — Resultat: Das schneeige Mycel des *Merulius* blieb nach Übertragung ohne Weiterentwicklung, es bräunte sich alsbald und lag als dunkle feuchte Masse noch auf der Hirnfläche des Balkenabschnittes als der Versuch abgebrochen wurde. Eine Partie des Holzes unterhalb der Pilzmasse zeigte sich später deutlich vermorscht (ca. 3 cm tief), sonst alle Holzteile

1) Bei Ausführung aller Versuche bin ich in wirksamer Weise von Herrn R. LOTTMANN unterstützt worden.

unverändert, fest, mit spärlicher niedriger grauer Schimmelbildung überzogen
Ohne *Merulius*-Vegetation.

Versuch 2 (2. III. 09—1. IX. 10). — Ansatz genau wie Versuch 1. Ganzer Inhalt eines Culturröhrchens (Reagenzglas-Reincultur) auf Hirnfläche übertragen; zwei Balkenabschnitte (ca. $8 \times 5 \times 4$ cm) in Cylinderglas von 12:10 cm mit eingeschliffenem Glasstopfen. — Resultat: Nicht verschieden von Versuch 1. Keine Weiterentwicklung der eingebrachten Mycelmasse, diese bei Versuchsabschluß als braunverfärbte schlüpfrige Masse. Holz unverändert, ohne besonders auffällige macroscopische Vegetation.

Versuch 3 (22. VI. 11—1. XII. 11). — Übertragung einer Mycelflocke aus Reincultur auf Holzproben von Fichte und Eiche (2 Stücke ca. $9 \times 9 \times 3$ cm), in großer feuchter Kammer, vorher zweimal mit Wasser aufgeköcht¹⁾. — Resultat: Es entwickelt sich sehr langsam ein schneeweißer zarter Beleg rund um die Impfflocke herum (genau auf Grenze zwischen den beiden Holzstücken); nach rund 10 Wochen ist er zu einem hellen Fleck von ca. 5 cm Durchmesser herangewachsen. Etwas stärker hat sich das weiße Mycel, das die microscopischen Merkmale von *Merulius* trägt, zwischen den beiden dicht beisammen liegenden Holzstücken entwickelt, es kommt aber auch hier nur langsam weiter, besser auf dem Eichenholz als auf Fichte, und hat Aussehen einer Hungervegetation. Anderweitige macroscopische Vegetation auf dem Holze fehlend. Versuchsabschluß nach 5 Monaten. Holz unangegriffen, fest und unverändert.

Versuch 4 (10. VIII.—25. XI. 11). — Übertragung linsengroßen Mycelstückes aus junger Reincultur (Kartoffel) auf je ein Stück Fichten- und Kiefernholz (ca. $15:5:5$ cm und $10:8:3$ cm), diese mit Wasser vorher aufgeköcht, in großer feuchter Kammer liegend (wie Versuch 3). — Resultat: Langsamer Zerfall der sich bräunenden Impfflocke, ohne Andeutung einer Weiterentwicklung. Später überzieht grünliche Schimmelvegetation den größeren Teil der Holzstücke.

Versuch 5 (10. VIII.—20. XI. 11). — Fichte. Genau wie voriger Versuch, gleichzeitig angesetzt. — Ergebnis war das gleiche wie vorher, also bis 11. Sept. resultatlos, nur *Penicillium*. Am 11. Sept. wurde deshalb von neuem geimpft, um die etwaige Wirkung nochmals festzustellen. Trotzdem ein ansehnliches Stück feuchter weißer Mycelhaut übertragen war, trat kein Erfolg ein; das Mycelstückchen blieb ersichtlich noch längere Zeit am Leben. Überwachsen auf das unter ihm liegende Holz war selbst bis 20. Nov. nicht eingetreten, so daß der Versuch beendet wurde.

Versuch 6 (29. VIII.—20. IX. 13). — Größere Mycelflocken auf lufttrockenes Holz in großer feuchter Kammer (2 Stück Fichtenholz) übertragen; dies nicht sterilisiert, am 26. Aug. eingelegt und nachträglich einmal kurz mit Wasser befeuchtet. Trockene Oberfläche. Aussaat: 6 Flocken Mycel aus Reincultur auf Würzgelatine (vom 6. VII. 13). — Resultat: Flocken blieben ohne Veränderung, Auswachsen nicht sichtbar; am

1) In der feuchten Kammer Harzgeruch des gekochten Nadelholzes.

3. Sept. auf zwei derselben grüner Schimmel, desgl. auf dem Holze; am 5. Sept. auf allen Flocken (mit einer Ausnahme) grüner Schimmel; am 20. Sept. waren alle mit *Penicillium* bedeckt: keine Entwicklung des *Merulius*.

Versuch 7 (1. V.—20. IX. 13). — Holzstücke feucht, steril. Aussaat von größeren Mycelstücken. — Resultat: 3. Mai Anwachsen der Aussaat, dann beginnende Verschimmelung. Am 20. Sept. alles verschimmelt. Die Aussaatstücke (ca. 1 qcm) verfallen, graugelb. Holz gesund, ohne *Merulius*-Vegetation.

Versuch 8 (15. IV.—20. IX. 13). — Als Aussaat große Deckenstücke von Agarcultur, 3 Holzproben (1 Stämmchen, auf Hirnfläche geimpft, 2 Brettstücke) durchfeuchtet, einmal aufgekocht; große feuchte Kammer). — Resultat: Kein Auswachsen, trotz Fehlens von Microorganismen. Am 20. Sept. unveränderte gelbliche Mycelstücke (Hautreste) ohne Mycelentwicklung. (Kein „Schimmel“!)

Versuch 9 (27. III.—8. IV. 13). — Als Aussaat große Deckenstücke, wie vorher; große feuchte Kammer. — Resultat: Kein Anwachsen. Gelbliches Deckenstück unverändert (microscopisch: rein, keine Bakterien usw. nach 7 Tagen). — Am 8. April Abimpfung einer Aussaatflocke auf Würzelatine. 1 Röhrchen blieb steril, 3 zeigen Verflüssigung (Bakterien und *Penicillium*). Demnach *Merulius* tot (nach 12 Tagen). — Micr. Bild eines zerfallenen Deckenstückes s. l. c. (Jahresber. Angew. Bot. 11, 109 [1914]).

Versuch 10 (25. VIII.—20. IX. 13); große feuchte Kammer. — 7 Stück Fichtenholz angefeuchtet, beimpft mit kleinen Deckenstücken. — Resultat: Aussaat bleibt unverändert; allmählich Schimmel (*Penicillium*, *Verticillium*, schwarzer *Aspergillus*). Nach 4 Wochen ganz mit Schimmel bedeckt, auch auf den Mycelresten.

Eine Reihe weiterer Versuche unter ähnlichen Verhältnissen mit gleichem Ausgang sei hier nur kurz zusammengestellt:

Versuch 11 (2. VII. 09—12. III. 12). — Kiefernholz. — Balkenstück im Cylinderglas von 20 cm Höhe, durchfeuchtet, eingeschliffener Glasstopfen. Mycelimpfung. — Resultat: Dürftige Entwicklung spärlichen weißen Mycels auf dem nicht angegriffenen Holz.

Versuch 12 (10. VIII. 11—11. III. 12). — Fichtenholz. — In großer feuchter Kammer 2 größere Brettstücke nach Durchfeuchtung mit Reinculturmycel beimpft. — Resultatlos. Wiederholung der Impfung am 13. IX. 11. Es kam jetzt zu kümmerlicher Entwicklung weißen, dicht anliegenden Mycels, bis auf einige Centimeter Länge. Dann fand Überhandnehmen von grünem *Penicillium* statt.

Versuch 13 (18. I. 12). — Fichte. — Gleiche Versuchsordnung wie Nr. 2 mit Brettstücken. — Ohne nennenswerten Erfolg am 15. März abgebrochen.

Versuch 14 (18. I. 12). — Fichte. — Dieselbe Versuchsanordnung. Fichtenbrett, 2 Proben. — Resultat: Hier zunächst wieder dürrtiges weißes Mycel von einigen Centimetern Durchmesser, dann Stillstand und Schimmelbildung. Abgebrochen 11. März.

Versuch 15 (22. VI. 11—11. III. 12). — Eiche und Fichte. — Dieselbe Versuchsanordnung. Je 1 Stück Eichen- und Fichtenholz. — Resultat: Ohne Erfolg, es war nur feiner grüner „Schimmel“ gewachsen.

Versuch 16 (22. VI. 11—15. III. 12). — Fichte und Eiche. — Gleiche Versuchsanordnung in feuchter Kammer mit Eichen- und Fichtenbrett, beide jedoch vorher mit Wasser gekocht. — Resultat: Die Aussaatflocke lieferte zunächst ein weißes Mycel von einigen Centimetern Durchmesser, dem Holz dicht anliegend, doch nicht eindringend und bald sein Weiterwachsen einstellend. Auftreten von grünen spärlichen Schimmelbildungen. Schließlich ist nur noch *Penicillium* vorhanden.

Versuch 17 (9. I.—15. III. 12). — Eiche, Fichte, Buche. — Große feuchte Kammer, je 3 Stück Eichen-, Fichten- und Buchenholz, vorher mit Wasser gekocht, versuchsweise mit Luftmycel und Substratmycel nebst kleinen anhängenden Kartoffelstückchen geimpft. — Resultat: Ohne Entwicklung.

Versuch 18 (6. XI. 11—11. III. 12). — Fichte. — Fichtenholzwürfel, wie vorher, nach Beimpfung unter Lichtabschluß gehalten (7 Stück auf Hirnfläche geimpft). — Resultat: Es entwickelt sich macroscopisch nur grüner „Schimmel“.

2. Versuche in Glaskolben mit im Dampfstrom sterilisierten Holzproben (Fichte), diese „lufttrocken“ oder besonders befeuchtet, Kolben mit festem Watteverschluß, sterilisiert.
Impfung mit kleinen Mycelstückchen.

Versuch 1 (13. IX.—20. X. 13). — Kolben mit 5 kleineren Holzstücken, lufttrocken, Impfung mit mehreren ca. 2 qmm großen Deckenstücken einer Agarreincultur auf Seiten- und Hirnfläche. — Resultat: Impfstücke entwickeln keine oder nur spärliche Hyphen und verschrumpfen mit einer Ausnahme in den nächsten Wochen. Dies 2 × 1 cm große Stück war auf den Boden des Kolbens gebracht, von ihm wuchsen alsbald zarte Fäden auf das dicht daneben liegende Holzstück über; nach ca. 2 Wochen verschrumpfte aber auch dieses, nachdem es kaum 5 mm weit sich ausgebreitet hatte. Oberfläche der Holzproben bei Versuchsabschluß ohne jede Vegetation, unverändert. Selbst vorsichtiges Betupfen mit einigen Tropfen sterilen Wassers war ohne Wirkung geblieben.

Versuch 3 (3. IX.—30. X. 13, Nr. 92—93). — 2 Kolben mit je mehreren Holzstücken, diese waren 4 Monate vorher mit Zuckernährlösung behandelt, übrigens zur Zeit der Impfung ungefähr lufttrocken. Impfung

wie Versuch 1. — Resultat: Keine der Impfflocken kam zur Entwicklung, auch nicht als am 8. Sept. steriles Wasser (3 ccm) zugesetzt war; nach 4 Wochen ist alles unverändert. — Versuchsweise wurden jetzt (3. Oct.) unter behutsamer Lüftung des Watterpfropfens ca. 20 ccm steriles Wasser zugesetzt. Der Erfolg war, daß einige Tage später Mycelien auftraten, 2 Wochen darauf waren alle Holzstücke (infolge stattgehabter Infection) mit dichter grüner Schimmelvegetation (*Penicillium*) bedeckt.

Versuch 3 (15. IX.—24. X. 13). — Hier zum Vergleich lufttrockenes steriles Holz in feuchter Luft (große feuchte Kammer); 3 Stück in PETRI-Schale im Dampf sterilisiert und so (nach Beimpfung wie vorher) in den feuchten Raum gestellt. — Resultat: Es entwickelte sich zunächst keinerlei Vegetation, Impfflocke und Holzproben blieben unverändert; bei Versuchsabschluß nur ein grüner Schimmelfleck von ca. 2 cm Durchmesser.

Zusammenfassung.

Die Versuchsergebnisse p. 58—62 zeigen eindeutig, daß wirksame Ansteckung gesunden Fichtenreifholzes durch Reinculturmateriale unter Laboratoriumsverhältnissen nicht gelingt. Im besten Falle kommt es da zu einer ausgesprochen dürftigen *Merulius*-Vegetation, die als dicht anliegendes feines weißes Mycel sich träge über einen kleinen Teil der Holzoberfläche ausbreitet, ohne solche merklich anzugreifen. Die Pilzfäden wachsen nicht oder nur unerheblich in die feinen Poren des Holzes (Faseröffnungen) hinein. Gleichgültig ist dabei, ob mit angefeuchtetem Holz im feuchten Raume oder mit lufttrockenem Holz, steril oder nicht steril, gearbeitet wird. Die Infection durch Fremdorganismen allein erklärt den Mißerfolg also nicht, er trat auch ohne solche ein.

Aus der bloßen Anwesenheit selbst großer Teile lebenden Mycelen auch bei Gegebenheit einer gewissen Feuchtigkeit folgt unter Verhältnissen, wie sie in diesen Versuchen vorlagen, offenbar noch keineswegs notwendig eine Ansteckungsgefahr durch Hausschwamm.

B. Infectionsversuche in feuchter Kellerluft.

Der relative Feuchtigkeitsgehalt der Kellerluft bewegte sich um 94 % herum, die Temperatur zwischen 8 und 14⁰¹), zum An-

1) Genauere Angaben über Holzfeuchtigkeit, Gang der Temperatur und des relativen Feuchtigkeitsgehaltes der Luft des Versuchskellers s. p. 49 und 51.

wachsen der Impfungen reicht das aus. Um den etwaigen Einwand, daß unter künstlichen Bedingungen gezogene Reinculturen überhaupt nicht activ genug, also vielleicht für Holz nicht infectionstüchtig sein könnten, vorweg zu beseitigen, ging ich sogleich einen Schritt weiter und wählte als Impfmateriel vor allem den im Keller selbst auf Holz gezüchteten sehr üppigen jungen Rasen von Luftmycel, der die mit ihm in directe



Fig. 1. *Merulius*-Ansteckungsversuche im Keller. Wiedergabe der Versuchsanordnung (Hausschwamm-Ecke). — Hölzer in Berührung mit den Schwammrasen werden von denselben angesteckt; im Vordergrund drei Holzstücke, auf denen die von jenen übertragenen Mycelflocken dagegen nicht anwachsen. Pag. 64 des Textes, Versuch 5, p. 67. (Stark verkleinerte Photographie; Expositionsdauer 15 Min. bei künstlichem Licht.)

Berührung gebrachten Holzstücke alsbald ansteckte¹⁾. Junge Flocken desselben wurden behutsam mittels steriler Platinnadel auf die zu inficierenden Holzproben übertragen, dabei die Anordnung im einzelnen mehrfach abgeändert, nachdem auch hier schon

1) Siehe p. 39 u. folg.

die ersten Versuche das Ergebnislose dieser Bemühungen gezeigt hatten. Von weizenkorngroßen Mycelstückchen ging ich allmählich bis zu solchen von über Walnußgröße über; daß die Größe der Impfflocke nicht ohne Einfluß sein könnte, war ja durchaus plausibel. Die zu inficierenden kleinen Holzwürfel oder Brettstücke lagen im Beginn zu mehreren in einer Glasschale, bedeckt durch eine gleiche, sie waren mehr oder weniger mit Wasser durchfeuchtet; der etwaige Erfolg wurde anfangs täglich kontrolliert, die Beobachtung dann weiterhin wochenlang fortgesetzt. Durchweg gingen hier die Mycelstückchen alsbald zu einem unscheinbaren mehr oder weniger verfärbten Rest zusammen, nur in den ersten Tagen war an ihrer Oberfläche Ausstrahlen feiner heller Fäden zu beobachten, in anderen Fällen fehlten auch diese und die Flocken gaben überhaupt kein Zeichen beginnenden Wachstums; ebensowenig ließ sich natürlich eine Wirkung auf das Substrat nachweisen, es wurde überhaupt nicht inficiert. Versucht wurde nunmehr gleiches mit frei auf dem porösen Backsteinflußboden des Kellers ausgelegten Holzstücken, die je mehrere Impfflocken empfangen; die Wirkung war aber keine andere, selbst dann nicht als schließlich die Mycelstückchen unterseits der Hölzer angebracht wurden, so daß sie zwischen diese und den feuchtkalten Stein zu liegen kamen. In einigen Fällen konnte hier allerdings festgestellt werden, daß die verschumpften Mycelien wochenlang am Leben blieben, auch sich zarte neue Hyphen der unteren Holzoberfläche anlegten; damit war es dann aber zu Ende. Alle diese z. T. in lufttrockenem Zustande (ohne besondere Anfeuchtung) ausgelegten Versuchshölzer blieben ganz unverändert, also ohne sichtbare Vegetation, mehrfach trat früher oder später spärlicher grüner Schimmel auf der Impfflocke selbst auf.

Der vollständige Mißerfolg war zunächst um so auffälliger, als Stückchen derselben Holzmuster von dem gleichen Mycelrasen, dem die Impfflocke entnommen war, unschwer inficiert wurden; dieser wuchs unmittelbar daneben (Wiedergabe der Versuchsanordnung s. Abb. 1). Es verliert der von seinem Rasen abgetrennte Mycelteil damit also unter übrigens ganz gleichbleibenden äußeren Umständen seine Infectiosität, die Hyphen vermögen nunmehr auf dem gesunden Holz nicht mehr anzuwachsen.

Experimentelles.

Übertragung von jungem Mycel auf gesundes Holz im Keller.

Beimpft wurde in der Regel mit Stücken des im Keller üppig wachsenden schneeweißen Luftmycelrasens. Kellertemperatur bei Beginn der Versuche 5—6° (20. Nov. 1911), später bis 14° ansteigend, Luftfeuchtigkeit schwankt zwischen 90—96%; Taupunkt bei 4,3—7°; alles gemessen unmittelbar oberhalb des Bodens, wo die Versuchsstücke lagen.

Versuch 1. Übertragung auf in Glasschalen liegendes angefeuchtetes Holz (20. XI. 11—15. III. 13). — Holzproben vorher im Laboratorium 1 Stunde in Wasser gelegt, also mäßig durchfeuchtet, oberflächlich trocken, nicht naß (ca. 3:3:5 cm Fichte, Kiefer, Eiche, Buche). Impfflocken gut weizenkorngroß, mittelst steriler Platinnadel der Hirnfläche an zwei bis drei Stellen lose angedrückt. Holzstücke jeden Versuches lagen in Glasschalen von ca. 26 cm Durchmesser, durch eine kleinere ebensolche lose zugedeckt. Geimpft wurde mit a) Reinculturmycel, b) mit jungem Mycel, von seinem natürlichen Standort im Keller; drei Glasschalen.

- Nr. 1. Glasschale mit Stücken Fichten-, Kiefern-, Eichen-, Buchenholz. Übertragung von 6 Flocken Mycel des Keller-
rasens.
- Nr. 2. Ebenso, doch mit Mycelflocken aus junger Reincultur (auf
Kartoffel).
- Nr. 3. Ebenso, Wiederholung von Versuch 1.

Resultat: Nach 10 Tagen ließen sämtliche geimpften Mycelflocken noch keine Entwicklung in Gestalt auswachsender Hyphen erkennen. Auch nach 20 Tagen war der Sachverhalt wesentlich unverändert; die Flocken des Pilzes auf den Holzproben der verschiedenen Schalen wiesen microscopisch nur anfangs hin und wieder zarte auswachsende Hyphen auf, gleichgültig ob Reinculturmycel oder Mycel des Pilzes von seinem natürlichen Standort benutzt war. Die Weiterentwicklung wurde dann durch leichtes Anfeuchten von Impfflocke und Holz erfolglos zu begünstigen versucht. Nach rund 4 Wochen (17. Dec.) war der Stand nunmehr folgender:

Die Mycelflocken auf den Hölzern in den Schalen waren so gut wie unverändert; nennenswertes Auswachsen neuer Hyphen fand auch jetzt nicht statt. Die Impfungen lagen da als kleine, kaum wahrnehmbare zusammengeschrumpfte gelbliche bis bräunliche Masse; es trat jetzt mehrfach zarter grüner Schimmelanflug auf.

Auch weiterhin erfolgte keine Änderung, das Bild blieb nach Wochen und Monaten dasselbe. Abbruch der Versuche nach ca. 15 Monaten (15. März 1913). Holz ist unverändert, *Merulius*-Vegetation fehlt.

Versuch 2. Übertragung von Mycel auf frei auf dem Backsteinboden liegende Holzproben (20. XI. 11—20. II. 12). — Mycelflocke mit sterilem Platindraht vom Kellermycel entnommen, Holz-

stücke beim Beginn wie Versuch 1 mäßig durchfeuchtet (äußerlich nicht naß), direct auf dem Backsteinfußboden des Kellers liegend, jedem derselben ober- wie unterseits je eine Pilzflocke leicht angedrückt; diese kam also genau zwischen Holz und porösem Fußboden zu liegen: 10 Stück Fichtenholz, ähnlich wie oben. Kellertemperatur ca. 6°. — Resultat: Aussaatflocken zeigten macroscopisch an den folgenden Tagen keinerlei Veränderung (kein Auswachsen neuer Hyphen usw.), sie schrumpften alsbald zu kaum noch wahrnehmbaren verfärbten Resten zusammen, der Pilz war auch nach Wochen in keinem Falle zur Entwicklung gekommen, bei ganz unveränderter Holzoberfläche war noch nach 8 Wochen der Stand der gleiche.

Da hier die niedrige Wintertemperatur von Einfluß sein konnte¹⁾, fanden Wiederholungen im Frühjahr 1912 und später statt. Übrigens ging an anderen Orten des Raumes (so auch in Reinculturen) noch Wachstum der Mycelien vor sich.

Versuch 3. Wiederholung von Versuch 2 bei höherer Wachstumstemperatur (16. V. 12—5. III. 13). — Neun Stücke (ca. 5—8 cm lang, 2—5 cm breit, 2—3 dick) von

Fichte	3	Stück	(Brett)
„	1	„	(Stämmchen eines 8jährigen Baumes)
Kiefer	2	„	(Brett)
Buche	1	„	„
Eiche	2	„	„

Luftfeuchtigkeit bei Beginn am Hygrometer 94 %, Taupunkt 9,2, Kellertemperatur 10,5°. Holzproben unter der Wasserleitung abgespült und ca. $\frac{1}{2}$ Stunde in kaltes Wasser gelegt, also mäßig durchfeuchtet. Unmittelbar nach Herausnehmen aus dem Wasser (im Keller selbst) wurde auf jedes Stück eine circa gut linsengroße direct vom Kellermycel entnommene Flocke des Pilzes so aufgetragen, daß sie halb der Hirn-, halb der Spiegelfläche auflag. Das junge Kellermycel war zu dieser Zeit besonders üppig entwickelt, ca. 1—2 cm hoch von rein weißer Farbe und erst in den letzten 2 Wochen entstanden. Holzproben lagen direct auf dem Steinfußboden. — Resultat: Nächsten Tage ohne Änderung im Aussehen des übergeimpften Mycels, keine neuen Hyphen an der Oberfläche des kaum noch wahrnehmbaren Häutchenrestes; nach 2 Wochen sind alle Holzproben wie im Anfang, das Impfhäutchen völlig geschrumpft. Außenbedingungen im Keller waren fast unverändert (noch am 30. Mai: Temperatur 11,2°, Hygrometer 90 %, Taupunkt 9,8°). Die Weiterbeobachtung während der folgenden Monate ergab nichts Neues; nach rund 4 Wochen erschienen mehrfach zarte grüne Anflüge von *Penicillium*. Die Holzstücke blieben den Winter über unverändert an Ort und Stelle; *Merulius*-Mycel trat jedoch nirgends auf. Versuchsabschluß nach ca. 9 Monaten. Resultat also völlig negativ²⁾.

1) Über Einfluß der Temperatur s. weiter unten.

2) Die Stücke der Hölzer wurden dann direct mit dem wachsenden Rasen in Berührung gebracht; nach ca. 6 Monaten waren alle mit Ausnahme des Eichenholzes völlig morsch, dieses unverändert.

Versuch 4. Impfung jungen Mycels auf Splintholz (Fichte) (1. IV. 13). — Anordnung wie vorher. Holzproben (6 Stück, 5×3 cm ca.) liegen direct auf Steinfußboden des Kellers, 3 lufttrocken, 3 (eine Stunde lang) mit Wasser durchfeuchtet, Impfflocken von halber Kirschgröße, je 3 für jedes Holzstück, Temperatur $8,3^{\circ}$. — Resultat: Mycelflocken wachsen nicht an, sie zergehen allmählich zu unscheinbaren Resten. Auch nach 6 Monaten sind die Holzstücke noch unverändert, ohne jede Vegetation.

Versuch 5. Wiederholung mit größeren Impfflocken (gute Kirschgröße) auf trockenem Reifholz (30. III. 13). — Je 3—4 Impfflocken (wie vorher von jungem Mycel im Keller) wurden oben, seitlich und unterhalb der 3 Holzproben angebracht, diese liegen wie vorher direct auf Steinfußboden. — Resultat: Auf den collabierten Mycelien erschienen zunächst (nach 3 Tagen) zarte helle Hyphen, die sich aber nicht weiter entwickeln; nach 5 Tagen auf zwei Flocken zarter grüner Schimmel. 2 Wochen nach Versuchsbeginn sind die *Merulius*-Flocken auf geringe Reste znsammengegangen, Holzproben unverändert, ohne jede Vegetation; lediglich unterseits einer der Proben ist gut erhaltene Mycelflocke mit zarten neuen, der Holzoberfläche sich anlegenden Hyphen sichtbar. Weiterhin bleibt sie aber ohne Fortentwicklung, nach 5 Monaten ist das Bild der 3 Hölzer wie im Anfang (s. Abb. 1 oben, p. 63).

Versuch 6. Wiederholung von Versuch 5 mit zunehmender Impfflockengröße, (Fichte), im Keller (27. VIII. 13). — Größere Luftmycelmassen (je bis doppelt pflaumengroß) auf kellerfeuchtes Reifholz übertragen; 3 Holzproben wie vorher, ober- und unterhalb mit der Aussaat bedeckt. — Resultat: An den nächsten Tagen zeigen zwei Flocken deutliches Wachstum (Bildung neuer Hyphen), weiterhin jedoch ohne Fortschritt. Nach 4 Wochen Flocken mit zartem grünen Schimmel, Holz unverändert.

Versuch 7 (27. VIII. 13). — Übertragung älterer Mycelteile (Stücke gelblichgrauer Haut von einer Kiste, ca. 1 Jahr alt, Größe 2—4 qcm) auf Splint- und Reifholz (Fichte), direct auf Steinfußboden liegend. 3 Reifholzstücke, wie oben, vorher 1 Stunde gewässert, 3 Splintholzstücke luftfeucht (Temperatur $13,8^{\circ}$, Hygrometer $93,1\%$). — Resultat: Alle Holzproben und Impfflocken sind nach 4 Wochen noch ohne Veränderung (letztere mit Schimmelbildung).

Versuch 8 (27. VIII. 13). — Wiederholung von Versuch 7 mit kleinen Haut- und Strangresten vom Kellerfußboden (1—2 cm groß) in derselben Anordnung, auf Kellerfußboden. — Resultat: Nach 4 Wochen noch unverändert, keinerlei Vegetation.

Versuch 9 (27. VIII. 13). — Gleiche Anordnung wie Versuch 7 und 8 (mit kleineren Haut- und Strangresten) doch hier vergleichsweise in großer feuchter Kammer im Laboratorium. — Resultat: In den ersten Tagen Ausstrahlen feiner Hyphen, die aber keine Weiterentwicklung zeigen; nach 4 Wochen unverändert, keinerlei Vegetation.

Zusammenfassung.

Versuche 1—6 ergeben, daß gesunde Holzproben auch unter den Bedingungen des Kellerraumes durch abgetrennte lebende Teile des jungen Mycels nicht angesteckt werden), diese wachsen trotz der vorhandenen erheblichen Luftfeuchtigkeit nicht an, sondern gehen früher oder später unter Verschrumpfen zugrunde. Weder auf dem lufttrockenen noch auf den durchfeuchteten Holzproben finden sie da die für ihre Weiterentwicklung erforderlichen Bedingungen; im günstigsten Falle entstehen, zumal aus größeren Impfflocken, in den nächsten Tagen spärliche sich der Holzoberfläche anschmiegende neue Hyphen, in keinem Falle vermochte der Pilz aber, selbst bei relativ großen Aussaatmengen, festen Fuß zu fassen.

Ältere Mycelteile verhielten sich nicht anders als die jüngsten (Versuch 7), selbst die zwei Versuche mit kleineren Strangteilen (Versuch 8—9) gaben kein anderes Resultat. Diese Frage halte ich damit jedoch noch nicht für erledigt, das Ergebnis ist hier nur ein vorläufiges und kann lediglich zeigen, daß selbst die Infectionsbedingungen für Strangbildungen nicht ohne weiteres zu treffen sind; unbedingt infectionsfähig sind auch sie nicht ¹⁾.

Weiterhin werde ich zeigen, daß dagegen sterile, gut durchfeuchtete Holzproben sowohl im Keller wie im Laboratorium durch Reincultur- wie durch Kellermycel angesteckt werden.

2. Die Ursache des Mißerfolges der Mycelimpfungen.

Die früher geschilderten Ergebnisse waren mir — wie ich offen gestehe — unerwartet. Lebende Hyphen des *Merulius*-Mycels vermochten bei Übertragung auf notorisch leicht angreifbares Fichtenholz eigenartigerweise dies weder im Laboratorium (feuchte Kammer) noch in der gleichmäßig temperierten wasserdampfreichen Luft des Versuchskellers anzustecken. Höhere Luftfeuchtigkeit genügt also nicht zum Anwachsen, sie scheidet als Vorbedingung zunächst ganz aus. Daß die übertragenen Mycel-

1) Einstweilen konnte ich weitere Versuche nicht ansetzen, bin aber der Meinung, daß durch Stränge des Pilzes, sofern für sie die richtigen Bedingungen zur Entwicklung ausstrahlenden Mycels getroffen werden, zweifellos Ansteckung erfolgt.

stücke wirklich entwicklungsfähig sind, wird übrigens durch sofortiges Anwachsen von Probeimpfungen in Zuckerlösung, auf Würzegelatine usw. erwiesen, es fragt sich somit nur, welche besonderen Hemmungen da speciell auf der Holzoberfläche vorliegen. Durch den Act des Abzupfens der Mycelflocke vom Luft-rasen der Reincultur oder des Kellers wird diese allerdings schädlich beeinflusst, die vorher voluminöse watteartige Masse fällt zu einem Häutchen zusammen, gleiches trifft bei Übertragung kleiner Deckenstücke etwa aus Agarculturen dagegen kaum zu. Für beide ergibt sich aus der Trennung und Versetzung unter die neuen Verhältnisse aber ein und dasselbe störende Moment: es wird ihre gesamte Ernährung zunächst unterbunden; zu der gewaltsamen mechanischen Störung des Wachstums tritt als wesentlich die Hemmung infolge Aufhörens des bisherigen Zuflusses von Nährstoffen incl. Wasser, der ja für die Flocke des Luft-rasens jedenfalls von principieller Bedeutung ist. Durch Entwicklung neuer junger Hyphen muß sie auf dem veränderten Substrat sich festsetzen, sich „einrichten“ („Incubation“); die Tatsachen zeigen, daß ihr das unter den gewählten Verhältnissen im allgemeinen nicht oder doch nur recht unvollkommen gelingt.

Dafür sind zwei Erklärungen naheliegend: 1. Wassermangel auf relativ trockenem Holz (20—30% Wasser); er kann durch hohe Luftfeuchtigkeit nicht ausgeglichen werden; 2. Störung durch die nachweislich auf feuchtem Holz und auch auf den abgerissenen Mycelstücken aufkommenden anderweitigen Microorganismen, durch welche also die Entwicklung neuer Hyphen ganz verhindert oder — wie das viele Experimente ohne weiteres zeigen — alsbald merklich gehemmt wird. Die weitaus überwiegende Mehrzahl der negativen Ergebnisse wird durch diese zwei Momente m. E. befriedigend erklärt, Schwierigkeiten bleiben nur für einige ganz bestimmte Fälle, die ich hier zunächst übergehe (Versuche in großer feuchter Kammer). Beide Punkte sind näherer experimenteller Prüfung zugänglich. Genügender Wassergehalt des Holzes müßte demnach unbedingt zum Anwachsen der Impfung, also zur Ansteckung führen, sofern dabei Microorganismen streng ausgeschlossen werden, d. h. nasses steriles Holz müßte hierfür die richtigen Bedingungen bieten. Dem ist, wie sich zeigte, in der Tat so.

Manche der resultatlosen Versuche mit „feuchtem“ Holz sprechen zunächst scheinbar gegen diese Annahme, seine Oberfläche bleibt oft ohne Schimmelbildung, also ohne sichtbare Vegetation. Auftreten von Mycelpilzen schädigenden Characters ist nun aber lediglich ein specieller Fall, im allgemeinen findet oberflächliche Schimmelbildung auch erst zeitlich später statt, die erste Entwicklung der *Merulius*-Aussaart wird vielmehr durch die dem bloßen Auge meist nicht sichtbare Microflora der feuchten Holzoberfläche verhindert, und zwar sind es vorzugs-

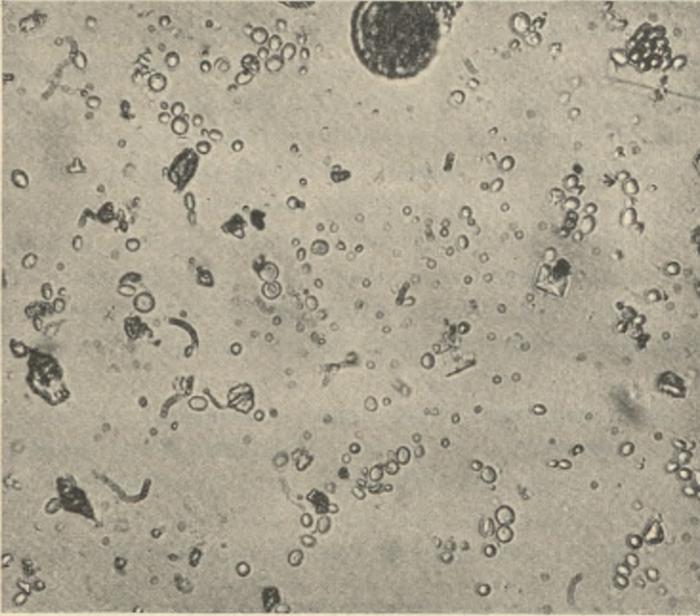


Fig. 1. Microvegetation von der Oberfläche befeuchteten Fichtenholzes nach 3 Tagen. Neben vereinzelten noch ungekeimten Schimmelpilzconidien, Bacterien u. a. hauptsächlich in lebhafter Vermehrung begriffene wilde Hefen. Vergr. ca. 500 \times .

weise Hefen und Bacterien, welche auf Kosten der spärlichen gelösten Nährstoffe des „Holzsaftes“ rasch zu einer überhand nehmenden Vegetation kommen. Gewöhnlich erst nachher folgen ihnen dann die Schimmelformen (*Penicillium*, *Verticillium*, *Mucor* u. a.). Man stellt das unschwer an microscopischen Präparaten der abgeschabten feuchten Holzflächen, soweit sie noch keinerlei sichtbare Vegetation aufweisen, fest; sie wimmeln ins-

besondere von Hefen; dementsprechend zeigt ja auch ein Holz- auszug (Fichte) schon nach wenigen Tagen Trübung und Gas- bildung (Gärung). Mit den hierbei erzeugten Producten dürfte die Schädigung der *Merulius*-Fäden in erster Linie zusammen- hängen, weitere Ermittlungen haben an diesem Punkte einzu- setzen.

Daß andererseits nun auf sogen. lufttrockenem Holz¹⁾ das übertragene *Merulius*-Mycel auch ohne irgendwelche Mit- wirkung von Fremdkleimen abstirbt, beweist die microscopische wie culturelle Untersuchung desselben; gefertigte Präparate zeigten Zerfall der Hyphen unter Zusammenballen des verfärbten Plasmas zu unregelmäßigen gelblichen Massen²⁾ und allmähliches Ver- schwinden der Membran (Verschleimung), Fremdorganismen fehlen; Abimpfungen auf Würzelgelatine blieben dementsprechend zunächst steril, erst später (nach Wochen) wachsen hier Bacterien und Schimmelformen unter Verflüssigung der Gelatine an. Die abge- storbene Hyphe unterliegt unter nicht ganz streng sterilen Ver- hältnissen (große feuchte Kammer, an feuchter Luft) natürlich der biochemischen Zersetzung.

Es bleibt somit jetzt der Beweis zu liefern, daß die gleichen Impfungen mit Mycelflocken, wie sie vorher im Laboratorium wie Keller mit lufttrockenem oder feuchtem Holz resultatlos versucht wurden³⁾, auf notorisch wasserreichem und keimfreiem Holz gleicher Art regelmäßig zur Ansteckung desselben führen. Da auf „lufttrockenem“ Holz auch in feuchter Luft keine nennenswerte Weiterentwicklung der kleinen Mycelflocke erfolgt, stelle ich mir vor, daß bei *Merulius* als Bedingung hier- für mindestens eine gute Durchtränkung der Faserwände mit flüssigem Wasser zu fordern ist, solches damit also den sie be- rührenden Pilzhyphen osmotisch zugänglich wird: Wasseraufnahme als Bedingung ähnlich wie bei der Samenkeimung; Quellung und

1) Ist für mich stets Holz mit dem wechselnden Feuchtigkeits- gehalt der Luft (hygroskopisches Wasser), gegenüber dem besonders be- feuchteten, also poröses Wasser enthaltenden.

2) Microphotographie einer solchen zerfallenden Flocke gab ich in Jahresber. Angew. Botan. 1913, 11 [1914], 109, wo gleichzeitig andere Fragen kurz erörtert sind.

3) S. oben p. 57 u. f.

Auswachsen erst nach Befeuchtung¹⁾. Tatsächlich hat ja auch der durch Abreißen verletzte Mycelteil schon einen Wasserverlust erlitten, sein Turgor schwindet, Nachschub findet nicht mehr statt, Verdunstung dauert dagegen an.

Dementsprechend wurden die weiteren Experimente nun sämtlich mit gut durchnäßten Holzstücken gemacht. Diese wurden zunächst durch ca. 1-stündiges Einlegen in Wasser durchfeuchtet, dann aber in jeden Culturkolben (nach Einbringung der Holzteile) noch so viel Wasser gegeben, daß auch nach einmaliger Erhitzung im strömenden Dampf davon (nach Aufsaugen durch das erkaltende Holz) eine dünne, den Boden ca. 3—4 mm hoch bedeckende Schicht übrigblieb, welche andauernde Durchfeuchtung gewährleistete.

Lufttrockenes Fichtenholz vermag bekanntlich bis zur Sättigung ein großes Wasserquantum aufzunehmen; durch entsprechende Versuche wurde festgestellt, daß 10 g meiner Holzstücke im geschlossenen Kolben beim Erhitzen im Dampf bis zu ca. 10 g Wasser glatt aufsaugen, Stücke mit 30, 50 und 80% flüssigen Wassers²⁾ erschienen noch keineswegs besonders „naß“. Es ist klar, daß bei allen derartigen Versuchen überhaupt der genaue Feuchtigkeitsgehalt des Holzes zu berücksichtigen, also besonders zu bestimmen ist; Bezeichnungen, wie „lufttrocken“, „feucht“ usw. sagen bei ihrer Unbestimmtheit wenig aus, „lufttrockene“ Proben selbst derselben Holzart unter ganz gleichen äußeren Verhältnissen besitzen oft recht ungleichen Wassergehalt, sowohl bei Zimmertemperatur wie in Kellerluft, die Schwankungen können bis 100% betragen³⁾.

Damit komme ich zum Beweis für die angegebene Tatsache.

3. Einfluß des Sterilisierens.

Der wachsende unverletzte Rasen des *Merulis* infiziert bekanntlich auch nichtsteriles feuchtes Holz, der von ihm abgetrennte kleine Mycelteil dagegen mit Sicherheit nur

1) Einige Pilze machen davon eine Ausnahme, so z. B. *Aspergillus glaucus*, der Conidienkeimung und Mycelentwicklung ohne besondere Wasserzufuhr zeigt.

2) Frisches Holz enthält bekanntlich bis zu 100% seines Gewichtes an Wasser.

3) Einige Zahlen dafür s. p. 51.

absolut steriles. Diese Versuche wurden in der Hauptsache wieder im Laboratorium mit Reinculturen angestellt, sie erhärten übrigens weiterhin, daß das hier gezüchtete Mycel dem auf Holz im Keller wachsenden an Infectiosität keineswegs nachsteht. Dazu wurden die mit passenden Stücken des gleichen Holzes beschickten, meist durch festen Wattepfropf in üblicher Weise verschlossenen Glaskolben stets dreimal je 20 Minuten im strömenden Dampf gehalten und nach Erkalten mittels Platinnadel durch weizenkorngroße Mycelflocken (Kartoffel- oder Agar-cultur) beimpft. Durchfeuchtung des Holzes geschah in der Regel durch zuvoriges ca. $\frac{1}{2}$ - bis 1 stündiges Eintauchen in Wasser unter künstlicher Beschwerung. Außerdem wurde, wie schon hervorgehoben, so viel Wasser in die Kolben gegeben, daß der Boden noch nach dem Erhitzen einige mm hoch bedeckt war. Nur einmaliges Dämpfen ist unzureichend, es vernichtet im allgemeinen zwar Hefen und „Schimmelpilze“, doch nicht sporenbildende Bacterien.

Parallel neben den sterilisierten gingen stets nicht-sterile Versuche, bis in alle Einzelheiten sonst ganz gleicher Anordnung (also auch mit gleichem Watteverschluß usw.). Daß der Ausfall dieser letzteren mit den früher ¹⁾ beschriebenen in der Hauptsache übereinstimmte, sei nur beiläufig erwähnt; die *Merulius*-Flocke ging hier entweder nicht an, sichtbare Vegetation fehlte also überhaupt, oder sie bedeckte sich in den nächsten Tagen mit zarten, langsam auf die Substratoberfläche übergreifenden hellen Fäden, deren Weiterentwicklung dann aber unter gleichzeitigem Aufkommen macroscopischer Schimmelvegetation bald stillstand; nicht einer dieser verschiedenen unsterilisierten Versuche lieferte reine, vollständige Überzüge von *Merulius*-Rasen oder gar Vermorschung der Holzproben. Ebensowenig ergab aber einer der gut sterilisierten Kolben negatives Resultat, in allen kam es zu einer die Holzstücke gleichmäßig überziehenden reinen *Merulius*-Vegetation mit nachfolgender Zersetzung der Holzstücke in von den besonderen Umständen abhängiger Intensität. Fichtenholz wird — beiläufig — auch nach dreimaliger Behandlung im Dampfeylinder kein für die Pilzentwicklung ungünstiger Boden sondern bleibt in dieser Beziehung völlig unverändert ¹⁾.

1) S. p. 58 u. f. — Schädlichkeit von Schimmelpilzen und Bacterien hebt auch schon C. MEZ hervor (Der Hausschwamm 1908, 45).

Solche Aussaaten auf Holz wachsen in Laboratoriumsversuchen durchweg zunächst nur langsam, das erste Ausstrahlen der Hyphen vollzieht sich zögernd in Tagen, später wächst das Tempo, aber Wochen sind gewöhnlich zur allmählichen Ausdehnung über das ganze Substrat erforderlich. Aber auch in Kellerversuchen geht die Ansteckung durch den wachsenden Luftmycelrasen keineswegs von heute auf morgen. „Holz“ an sich ist ja keineswegs ein ideales Substrat für den Hausschwamm Würzelgelatine, gekochte Kartoffeln u. a. sind merklich besser; gerade dieser Umstand läßt auch Störungen von außen doppelt ins Gewicht fallen. Schlagende Resultate treten bei Versuchen im Kleinen erst nach Wochen und selbst Monaten scharf hervor. Diese Versuche ergaben eine weitere wichtige Feststellung, die Beschaffenheit des Holzes betreffend. Es führt nämlich das reine Anwachsen des *Merulius* auf sterilem Holz keineswegs stets zu üppigen Culturen, im Gegenteil sind die erzielten Vegetationen bisweilen sehr dürrtig; im ungünstigsten Falle liegen sie nur als feiner spinnewebiger Überzug auf dem Substrat, in anderen Fällen entstehen dagegen die bekannten hohen schneeweißen, wattenartigen Mycelien. Nur in letzterem Falle constatiert man auch eine stark zersetzende Wirkung, indes kümmerliche Vegetationen das Substrat nicht oder nur schwach angreifen. Als ich die ersten derartigen Beobachtungen machte, war mir die eigentliche Ursache dieser sonderbaren Verschiedenheiten begrifflicher Weise zunächst nicht recht erklärlich, sie konnte nur in der Art des verwendeten Holzmaterials liegen, welches im Verlaufe der Arbeit zu verschiedenen Zeiten nach Bedarf bezogen wurde. In der Regel wurde altes Reifholz (Bretterholz des Tischlers) benutzt; sein Gehalt an wasserlöslichen Nährstoffen ist notorisch ein geringer und es liegt offenbar nahe, das dürrtartige Aussehen der Pilzvegetationen damit in Verbindung zu bringen; selbst wenn man annehmen will, daß die „Fichtenholzcellulose“ für *Merulius* ein guter

1) Bei R. FALCK findet sich die Angabe, daß beim Sterilisieren von Nadelholz ranzig riechende freie Fettsäuren entstehen, welche die Pilzentwicklung verhinderten („*Merulius*-Fäule“ 1912, p. 304); vermutlich handelt es sich um schlecht sterilisierte Versuche, in denen dann Hefen, Essigbakterien u. a. aufkamen, und dieser Geruch wird nun der Wirkung des Sterilisierens zugeschrieben. Übrigens zeigt jene Angabe eine bedauerliche Unkenntnis der Holzchemie.

Nährstoff (C-Nahrung) ist, kann nur bei hinreichender Versorgung mit Stickstoffverbindungen und löslichen Mineralsalzen (Alkali-phosphat, Magnesiumsulfat) ein üppiges Gedeihen erwartet werden.

Die eingeleitete experimentelle Prüfung der Frage ergab dann das Zutreffen dieser Annahme, der ungleiche Ausfall der Culturen hatte tatsächlich seinen Grund in der Ungleichwertigkeit des Holzsubstrates; es machte also Tränkung mit einer geeigneten Pilznährlösung altes Fichtenreifholz zu einem der günstigsten Nährböden, man erhält Culturen von üppigster Beschaffenheit. Vorhandensein besonderer gelöster Nährstoffe — auch solcher Kohlenhydrate — ist für die Entwicklung unseres Pilzes und die Intensität seiner Wirkung auf die Holzsubstanz somit von erster Bedeutung (s. p. 77). Ich gebe hier zunächst das Experimentelle über die Wirkung des Sterilisierens.

Experimentelles.

Für alle Culturen gilt gut durchfeuchtetes Holz (Wassergehalt gegen 100%), Boden des Kolbens außerdem mit einer ca. 3 mm hohen Wasserschicht bedeckt. Impfung aus Reincultur.

Versuch 1 (28. III. 12; Nr. 69—72). — 4 große ERLÉNMEYER-Kolben, je mit 5—6 Stücken Fichten-Reifholz (ca. 4—6 × 1—2 cm); davon 2 sterilisiert, 2 nicht sterilisiert. Beimpft mit Mycelstücken aus einer Würze-Agarculture (je ca. 3 qmm groß). — Resultat: Aussaat wuchs binnen 3 Tagen in allen 4 Kolben an, bedeckte sich also mit neuen hellen Hyphen. Gleichmäßige Weiterentwicklung dann aber nur in den sterilisierten Kolben (Abb. s. Fig. 3—4, Taf. I):

Versuchsnummer	Nach 4 Wochen	Nach 12 Monaten (eingetrocknet)
Nr. 1 (69) } nicht „ 2 (70) } sterilisiert	Holzstücke ohne besondere macroscop. Vegetation	Holzstücke unverändert, trocken, ohne sichtbare Vegetation
„ 3 (71) } discont. „ 4 (72) } sterilisiert	Holzstücke von feinen Mycelien überzogen	Zartes grauweißes Mycel spinnwebig alle Holzstücke überziehend, diese macroscopisch wenig verändert (z. T. Oberflächenschwach angegriffen)

Versuch 2 (15. II.—14. III. 12; Nr. 48—49). — Altes Fichtenholz. 6 Einzelversuche (4 ERLÉNMEYER-Kolben unter Watte, 2 mit Papier bedeckte weithalsige Gläser), Brettstücke je 8 × 3 × 2 cm, sämtlich

mit großer Mycelflocke aus derselben (Kartoffel-)Reincultur beimpft. 3 vorher im Dampf sterilisiert, 3 unsterilisiert. — Resultat: Auf den nicht sterilisierten Stücken wächst die Aussaatflocke nur in einem der 3 Versuche zu dürtigem, dicht anliegendem Mycel aus, nach 4 Wochen ca. 2 cm Dm., in den 2 anderen keine Entwicklung, einer dieser macroscopisch mit reichlich *Penicillium*.

In allen 3 sterilisierten Versuchen wuchs die Aussaat zu einem ausgebreiteten, etwas spärlichen Mycel heran. Die Holzstücke sind hier bei Abschluß nach ca. 4 Wochen schwach, aber gleichmäßig überwachsen.

Versuch 3 (3. I.—10. II. 12; Nr. 26, 27, 44). — Altes Fichtenholz, unsterilisiert. 6 ERLENMEYER-Kolben, 4—6 Holzstücke in jedem Kolben; jeder derselben erhält ca. 2—4 Impfflocken. 2 Kolben im Eisschrank bei 8°, 4 im Laboratorium. — Resultat: In keinem der 6 Versuche nennenswertes Auftreten von *Merulius*. Die Aussaatflocken entwickelten sich (mit Ausnahme auf einem Holzstückchen spärlich) überhaupt nicht weiter, es traten auf ihnen später in allen Fällen grüne Schimmelformen auf, die meist weiter über das Holz um sich griffen.

Versuch 4 (15. III. 12; Nr. 57—60). — Unvollkommen sterilisiert; versuchsweise nur einmaliges Erhitzen im Dampfzylinder (statt 3malig an 3 verschiedenen Tagen). Altes Fichten-Reifholz. 4 Gläser, je mit 3 durchfeuchteten Holzstücken (ca. 5 × 2 × 2 cm). — Resultat: Nach 8 Tagen waren 3 Versuche noch ohne sichtbare Vegetation, im 4. strahlte von der Impfflocke helles zartes Mycel über das Holz aus. Die microscopische Untersuchung der ersten drei ergab, daß die Oberfläche dieser Holzstückchen dicht mit Bacterien und Hefen bedeckt war, abgeschabte Präparate wimmelten zumal von stäbchenförmigen sporenbildenden Bacterien.

Nummehr wurden die Kolben vorschriftsmäßig sterilisiert (3mal, wie sonst) und neu beimpft (23. III). Jetzt sichtbares Anwachsen aller Impfflocken, nach 7 Tagen sind in allen Versuchen zarte Mycelien bis 2 cm im Dm. vorhanden, die sich weiterhin langsam über das Holz ausbreiten. Nach 3 Monaten sind die Holzstücke von einem feinen Mycelschleier überzogen, übrigens noch unverändert; 6 Monate später eintrocknend, oberflächlich kaum oder nur schwach angegriffen.

Versuch 5 (18. I. 12; Nr. 39—40). — Fichten-Zweigholz, vergleichsweise sterilisiert und nicht sterilisiert, 4 Kolben, je 4—6 Holzstückchen (5 × 1 × 1 cm), anderes wie oben. — Resultat:

		Nach 3 Monaten
Nr. 1	} sterilisiert	Schneeweiße <i>Merulius</i> -Rasen, gleichmäßig die Holzstücke überziehend
„ 2		
„ 3	} nicht sterilisiert	Impfflocken zu kleinen Mycelien heranwachsend, dann verkümmern, nur noch in spärlichen Resten sichtbar. Reichlich grüne und braune Schimmelbildung
„ 4		

Versuch 6 (22. II.—15. III. 12; Nr. 50). — Kiefernholz, unsterilisiert (hier außerdem Tränkung mit 3%iger Zuckernährlösung), Watteverschluß. 2 Kolben, je mit 2 Holzstücken ($10 \times 3 \times 2$ cm). Darunter 1 Becherglas mit Fließpapier bedeckt, sonst genau wie die 2 Kolben. Impfung mit Reincultur wie sonst. — Resultat: Die *Merulius*-Flocken wuchsen zunächst schwach an, bald überzog sich das Holz jedoch in allen Fällen mit grüner Schimmelvegetation (*Penicillium*), nach 3 Wochen sind nur auf 2 Holzstücken kleine Rasen von *Merulius* (ca. 1 cm Dm.) vorhanden, die keinen weiteren Umfang annehmen. Schließlich völliges Verschimmeln.

4. Tränkung des Holzes mit Nährstoffen

(Taf. II, Fig. 1—2).

Vor Einbringung in die Culturkolben wurden die Holzstückchen ca. 30 Minuten in eine $\frac{1}{2}$ %ige Lösung anorganischer Nährsalze ($\frac{1}{2}$ Kaliumphosphat, $\frac{1}{4}$ Magnesiumsulfat, 1 Ammonitrat) eingetaucht, für andere Versuche wurde auch eine vollständige Zuckernährlösung (wie vorher, mit 5% Dextrosezusatz) benutzt. Alles übrige (Sterilisieren, Impfen usw.) wie sonst; ebenso verlief auch die erste Entwicklung der Impfflocken. Der Einfluß der Nährstoffzufuhr auf den weiteren Verlauf trat dann aber besonders bei den mit vollständiger Nährlösung getränkten stark hervor. Taf. II, Fig. 1 gibt das Aussehen zweier solcher (von vier übereinstimmenden Kolben) nach einigen Wochen wieder, die zwei getränkten hatten das bekannte hohe watteartige Mycel in üppiger Entfaltung, die zwei anderen die frühere Hungervegetation, also nur locker sich über die Holzstücke ausbreitende helle Mycelien. Der Unterschied dieser Versuche stellt die Dürtigkeit des reinen Holzsubstrates (ohne Berücksichtigung seiner wasserlöslichen Bestandteile) ins rechte Licht; nicht die Substanz der Holzwände, sondern leicht lösliche Kohlenhydrate sind offenbar für *Merulius* die günstigste Nahrung. Etwas minder wirkungsvoll war die Tränkung mit der bloßen Salzlösung, wenschon auch da ein deutlicher Unterschied gegen die nicht behandelten Holzstücke sichtbar war.

Von wesentlichem Interesse ist nun aber die Tatsache, daß allein in den — zumal mit Zuckerlösung — getränkten Versuchen auch eine prompte Zerstörung des Holzes stattfand, also nicht bloß Ansteckung, sondern auch intensive Zersetzung;

nur der üppig entwickelte, gut ernährte Pilz führt diese durch.

Beim Eintrocknen der beendeten Versuche war das Holz der Vergleichsversuche oberflächlich leicht verfärbt, kaum verändert oder nur auf 1—2 mm tief weich (morsch), Außenschicht ließ sich mit der Messerklinge abkratzen; die mit den verfallenen Mycelwatten bedeckten getränkten Holzstücke zeigten dagegen braune Verfärbung neben starker Vermorschung durch die ganze Substanz, ihre Oberfläche war mit zahlreichen der charakteristischen Schwindrisse bedeckt; hier im kleinen also genau die Wiederholung der sog. Würfelbildung, wie sie die natürliche Ansteckung und Zersetzung im großen zeigt. Taf. II, Fig. 2 gibt die Versuche in diesem Zustande nach rund einem Jahre wieder.

Oberflächliche Schwindrißbildung kam auch bei den mit Salzlösung getränkten Stücken gut heraus, bei den nicht behandelten war solche höchstens angedeutet (vereinzelte Sprünge beim Austrocknen). Gleiche Unterschiede lieferten auch zwei Versuche im Keller, d. h. bei 6—14°.

Umgekehrt muß nun vorheriges wiederholtes Auskochen des Holzes den Boden für unseren Pilz offenbar noch ungeeigneter machen; solche Versuche geben tatsächlich nur ganz dürftige Vegetationen, ohne besonders wahrnehmbare Veränderung der Holzstücke. Das Anwachsen der Impfflocke unterscheidet sich kaum von dem auf günstigem Substrat, weiterhin breiten sich aber nur dichtanliegende grauweiße Hyphen spinnwebartig über die Hölzer aus; auch nach Monaten ist das Bild der Culturversuche kein anderes, es entspricht ungefähr dem, wie es die ungünstigsten Versuche mit altem Reifholz ergeben. — Trotz des anhaltenden Auslaugens bleibt hiernach immerhin noch so viel an gelösten Nährstoffen zurück, daß wenigstens eine dürftige Pilzentwicklung möglich ist. Für die Beurteilung des „Flößholzes“ ist das nicht ganz ohne Interesse (vgl. MEZ, l. c. p. 235).

Experimentelles.

Versuche unter Watteverschluß, nach 3maligem Dämpfen mit Mycelflocke aus Reincultur beimpft, Holzproben teilweise vorher mit Nährlösung behandelt (Dextrose 5%, Ammonitrat-Nährlösung 0,5%; halbstündiges Einlegen des Holzes), Wasserschicht wie oben angegeben.

Versuch 1 (14. XII. 11; Nr. 10—11). — 4 Kolben, Volum à 500 cem, je mehrere Stücke Fichten-Reifholz (ca. $5 \times 1 \times 1$ cm); 2 Kolben mit Nährlösungstränkung der Holzstücke, 2 ohne solche. — Resultat: Impfflocke wuchs in allen 4 Versuchen rein an, weiterhin folgendes Bild:

Versuchsnummer	Nach 4 Wochen	Nach 3 Monaten	Nach 12 Monaten
Nr. 1 } „ 2 } ohne Tränkung	Kleine helle dichtanliegende Mycelien auf Oberfläche	Wie vorher, ohne merkliche Weiterentwicklung	Die zarten Mycelien eingetrocknet, Holz wie im Beginn, unverändert.
„ 3 } „ 4 } mit Nährlösung getränkt	Hohes watteartiges Luftmycel füllt die Kolben an, die Holzteile völlig einhüllend	Watteartiges Mycel wie vorher, feine helle Stränge an Glaswänden	Mycel zusammengefallen, Holzstücke mit Schwindrisssen, morsch.

Abbildung dieser Versuche bei Beginn und Ende s. Taf. II, Fig. 1—2.

Versuch 2 (9. I.—31. XII. 12; Nr. 34). — 8 Kolben im einzelnen wie Versuch 1, davon das Holz in 4 Kolben mit Nährlösung behandelt. 4 Fichte, 2 Buche, 2 Eiche, je 3—5 kleinere Stücke. — Resultat: Überall reines Anwachsen der Impfung, dann Unterschiede ähnlich wie in Versuch 1. Nach 3 Monaten:

	Getränkt	Ungetränkt
Nr. 1 } „ 4 } Fichte „ 5—6 = Eiche „ 7—8 = Buche	Holzstücke der 4 Kolben von dichtem schneeweißen Mycel eingehüllt	Auf Holzstücken dürftige dünne Mycelien (nur Eichenversuch besser)

Versuch 4 (28. X. 11—15. III. 12; Nr. 44—49). — 6 Culturröhrchen (3 Eiche, 3 Fichte) mit je 1 cylindrischem Holzstück ($7 \times 1,5$ cm), durchfeuchtet.

Nr. 1 Eiche ungetränkt	Nr. 4 Fichte ungetränkt
„ 2 „ „	„ 5 „ „
„ 3 „ getränkt	„ 6 „ getränkt.

Resultat: Nr. 1—5 lieferten nur dürftige Entwicklung; Nr. 6 allein mit dichtem schneeeigen *Merulius*-Mycel, das Holz dicht einhüllend.

Versuch 5 (11. VIII. 11—12. III. 12; Nr. 50—53). — 4 Culturröhrchen, Einzelheiten wie in Versuch 4.

Nr. 1 Fichte ungetränkt	Nr. 3 Fichte getränkt
„ 2 „ „	„ 4 Eiche ungetränkt.

Resultat ähnlich dem vorher. Auf den Hirnflächen der nicht behandelten Stücke entwickelte sich überall nur dürftiges zartes Mycel, ohne weiter um sich zu greifen, das getränkte Stück (Nr. 3) überzieht sich dagegen ganz mit weißem Luftmycel des *Merulius*.

Versuch 6 (23. I. 12; Nr. 43). — Fichten-Reifholz. Zur Tränkung nur Mineralsalzlösung. 2 Kolben, je mit 3 Holzproben (ca. $5 \times 1 \times 1,5$ cm). — Resultat: Im Aussehen beide Versuche ziemlich gleich; auf den Holzstücken nur spärliche *Merulius*-Vegetation auch noch nach 10 Wochen. Beim Eintrocknen nach ca. 11 Monaten zeigt sich das Holz oberflächlich morsch, kleine Schwindrisse auf den Stücken.

Versuch 7. — Wiederholung von Versuch 6. 2 Kolben wie dort; getränkt, Fichten-Reifholz. — Resultat: Auffälliger als in Nr. 6. Ein Kolben nach 4 Wochen mit hohem weißen Luftmycel, im anderen nur niedriger Überzug.

Versuch 8 (22. III.—24. X. 13; Nr. 90—91). — Ausgekochtes Fichtenholz. Je 3 Stücke in 2 ERLÉNMEYER-Kolben unter Wattedverschluss usw. wie sonst. Vorher sechsmal $\frac{1}{2}$ Stunde mit je 200 ccm Wasser ausgekocht. — Resultat: Anwachsen der Impfungen ohne Schwierigkeit, wie sonst. Alle Holzstücke überziehen sich mit grauweißem, sehr lockerem dichtanliegenden *Merulius*-Mycel, das aber auch nach 7 Monaten nur einen feinen spinnwebigen Überzug bildet. Aussehen der Holzstücke unverändert, ohne Schwindrisse beim Eintrocknen usw.

Kurze Zusammenstellung von Versuchen (Fichten-Reifholz).

Behandlung	Aussehen der nach 10 Wochen	Versuche nach 10 Monaten	Beschaffenheit des Holzes
I. ge- tränkt			
Nr. 1 (58)	Holzstücke mit dichten schneeweißen Luftmycel völlig bedeckt, unter demselben nicht mehr sichtbar	Mycel hoch emporgewachsen (z. T. schon vertrocknet), gelblich bis bräunlich	Tief eindringend zersetzt, mit Schwindrissen, verfärbt
„ 2 (59)			
„ 3 (49)			
„ 4 (56)			
„ 5 (57)			
II. nicht getränkt			
Nr. 6 (62)	Dürftiges spärliches Mycel die Holzstückchen überziehend	Nur auf den Holzproben selbst dünnes Mycel	Nach Aussehen wenig verändert, Oberfläche etwas verfärbt, z. T. 1—2 mm tief morsch
„ 7 (63)			
„ 8 (47)			
„ 9 (48)			
III. aus- gekocht			
Nr. 10	Sehr dürftiges Mycel auf den Holzstücken, sie gleichmäßig überziehend	Holzstücke von lockerem, grauem, spinnwebigem Mycel überzogen	Ohne merkliche Veränderung

5. Einfluß niederer Temperatur.

Man könnte vielleicht versucht sein, an dem früher mitgeteilten negativen Ausfall der Übertragungen im Keller auch der zeitweise sehr niedrigen Versuchstemperatur einen gewissen Anteil beizumessen, das trifft aber nicht zu. Auf sterilen nassen Holzproben unter Watteverschluß geht die Impfung selbst bei nur 6—7° noch an, allerdings besonders langsam (in Wochen), übrigens auch merklich träger als auf guten Substraten (gekochte Kartoffeln), wie ich das durch einige Versuche constatirte. Unter diesen Verhältnissen lassen sich aber — wie gleichzeitig festgestellt wurde — auch aus Mycelflocken des im Keller wachsenden Pilzes keine unbedingt zuverlässigen Reinculturen erzielen, es erliegt hier die Impfflocke der Concurrenz von anhaftenden Fremdorganismen, besonders Schimmelsporen, welche so aus der keimreichen Kellerluft mit übertragen werden; im normalen Verlauf der Dinge waren sie ohne schädliche Wirkung auf das an freier Luft wachsende Mycel, sie kommen da überhaupt nicht auf. Nur aus wirklichen Reinculturen lassen sich im Keller mit Sicherheit wieder ebensolche Reinculturen ableiten, Abimpfungen mit Kellermycel verschimmeln gewöhnlich alsbald; in besonderem Grade gilt das anscheinend bei Überimpfung auf feuchtes Holz, auf besserem Substrat (Kartoffelrörchen) kommt auch *Merulius* zu sehr üppiger Entwicklung. Mit der Zeit werden allerdings schließlich alle *Merulius*-Reinculturen in der feuchten Kellerluft vom oberen Rande aus durch Einwachsen von Schimmelpilzen durch den Watteverschluß unrein; diese Versuche habe ich 15 Monate lang fortgeführt.

Die Tatsache, daß ein von dem Luftrasen abgetrennter Mycelteil damit geschädigt, physiologisch geschwächt wird, ergibt sich auch hieraus. Trotzdem wächst und inficiert er unter sterilen Verhältnissen aber auch noch bei kaum über 6° liegenden Temperaturen (bis auf ca. 4° heruntergehend). Ebenso wenig hemmt diese Temperatur allerdings die ihn schädigenden Fremdorganismen, wenn solche sonst geeignete Bedingungen (Nahrung) finden; hauptsächlich sind dies hier grüne *Penicillium*-Arten, die noch näherer Bestimmung bedürfen. Neben solchen kommen speciell auf angefeuchteten Holzstücken im Keller (8—10°) noch verschiedene andere Pilze zu reichlicher Entwicklung (*Aspergillus glaucus*,

grüne und gelbliche Hyphomyceten), während „lufttrockenes“ Holz in meinem Keller wenigstens in der Regel ohne Vegetation bleibt.

Experimentelles.

Übertragung von Mycelflocken auf Culturröhrchen mit sterilem feuchten Holz bei ca. 6° (vergleichsweise auf gekochte Kartoffeln) im Keller. Jedes Röhrchen mit mehreren kleinen Holzwürfeln (30. XI. 11—20. III. 13). Impfung weizenkorngroßer Flocke mit Platinnadel.

	Substrat	Impfung mit	Resultat nach		
			10 Tagen	17 Tagen	15 Monaten
Nr. 1	Fichtenholz	Kellermycel		Wenig Fortschritt überall	Kein <i>Merulius</i> (braunschwarze Pilzvegetation)
„ 2	„				
„ 3	Buche				Weißer Rasen
„ 4	„				
„ 5	Fichte	Reinculturmycel (von Kartoffelcultur)	Minimales Ausstrahlen der Impfflocken deutlich sichtbar		<i>Merulius</i> rein, aber spärliches Mycel
„ 6	„				
„ 7	„				Kein <i>Merulius</i> (grüner Schimmel)
„ 8	„				
„ 9	Buche				
„ 10	„	weißes Mycel (Infection)			
„ 11	Kartoffel				
„ 12	„				

Die letzte Columne gibt das Endresultat kurz an. Im einzelnen sei noch folgendes bemerkt: Am schnellsten und stärksten war auch hier die Entwicklung auf Kartoffel, die übrigen Vegetationen waren wesentlich dürtiger (Holz als Reifholz), im Anfang aber durchweg reiner *Merulius*. Schon nach einigen Wochen zeigten jedoch die mit Kellermycel beimpften Fichtenholzröhrchen zarte grüne Schimmelbildung, welche weiterhin allmählich das *Merulius*-Mycel vollständig unterdrückte, schließlich war in diesen beiden Versuchen nur noch eine braunschwarze Pilzvegetation vorhanden. Dagegen blieben 3 von den 4 mit Reincultur beimpften Fichtenholzröhrchen bis Abschluß nachweislich rein (zarte helle Hyphen und Stränge, teilweise sich ins Bräunliche verfärbend); alle 4 mit Kellermycel beimpften Holzröhrchen waren unrein geworden. Gegenüber der durchweg dürtigen *Merulius*-Vegetation auf den Holzstücken fällt die Üppigkeit des dichten Mycelrasens (weiß, gelb, grau, braun) auf Kartoffel

auf, die Röhrrchen sind völlig von dem Pilz erfüllt, hier hat selbst der in den letzten Monaten des Versuches durch den Wattestopfen an der Glaswand einwachsende grüne Schimmel (*Penicillium*) nur einzelne grüne Flecke von 1—2 cm Dm. im oberen Teil der Röhrrchen bilden können, ohne das völlige Dominieren des *Merulius* zu hindern. Dagegen ist in 5 Holzversuchen kein *Merulius* mehr vorhanden (in 2 ist hellgrüner, in 2 schwarzbrauner, in 1 dichter braungrüner Schimmel nicht näher bestimmter Art). Auch die zur Aussaat benutzte, im Keller verbliebene Reincultur wurde durch Eindringen von *Penicillium* durch den Wattestopfen schließlich infiziert.

Übrigens deuten auch diese Versuche an, daß gut angewachsener *Merulius* (wie das ähnlich beim Ausstrahlen von kranken Holzstücken stattfindet) selbst dann gegen concurrierende Schimmelformen relativ widerstandsfähig ist, wenn diese einen günstigen Nährboden (Kartoffel) vorfinden, vorausgesetzt, daß die Wärmeverhältnisse diesen minder zusagen ($\pm 10\%$). Auf schlechtem Boden (Holz gegenüber Kartoffel) wird (selbst auf sterilem Substrat) Anwachsen seiner Aussaat aber erschwert, hier erliegt er den Konkurrenzformen, trotzdem diese durch minder geeignete Wärme- und Nahrungsbedingungen nicht begünstigt werden.

6. Unterschied von Splint und Reifholz (Taf. I, Fig. 1—4).

Nach obigen Resultaten über die Wirkung der Holztränkung muß man bei Culturversuchen im kleinen sich offenbar die Beschaffenheit des benutzten Holzes vorher etwas genauer ansehen, nährstoffreiches Holz gibt zweifellos ganz andere Ergebnisse als nährstoffarmes, der Begriff „Holz“ und selbst Fichtenholz ist chemisch wie ernährungsphysiologisch recht unbestimmt, Art und Mengenverhältnis der mancherlei Bestandteile des in ihm vorliegenden schwankenden Gemenges verschiedener Substanzen wechseln nach Jahreszeit, Alter, Behandlung usw. innerhalb weiter Grenzen. Daß junges und altes Holz sich nicht gleich verhalten, ist vorauszusehen, es hat dann auch der besondere Verfolg dieses Punktes das ohne weiteres gezeigt¹⁾.

Mit dem früher von mir benutzten reifen Bretterholz wurde also das Holz einer jungen ca. 7jährigen Fichte, dünnes Zweigholz derselben und frischer Splint älterer Bäume (bei Fällung in Gestalt der abfallenden Späne gesammelt) in übrigens ganz gleich angeordneten Kolbenversuchen verglichen. Es kam da in der Tat derselbe Unterschied heraus wie bei natürlichem und mit Nährlösung getränktem Reifholz (p. 77); nur das junge Holz lieferte üppige hohe Pilzrasen, nach deren schließlichem Verfall die

1) In der Praxis wird dieser Unterschied vielleicht weniger ins Gewicht fallen, aber auch da dürfte der Gehalt an löslichen Nährstoffen nicht bedeutungslos sein.

Stücke verfärbt, morsch und mit Schwindrissen bedeckt (Würfelformbildung) zurückblieben. Das Bild entsprach in allen Teilen ganz dem bei Zuckertränkung des Reifholzes erhaltenen. Die vergleichsweise dann auch noch auf unsterilisiertem Splint versuchten Aussaaten verliefen nicht anders als auf ebensolchem Reifholz, die Impfflocke ging in keinem Falle deutlich an, die Holzoberfläche blieb entweder ganz frei von macroscopischer Vegetation oder es kamen später kümmerliche Schimmelbildungen (bisweilen auch kleine Myxomyceten-Fruchtkörper, *Chondrioderma difforme* usw.) zum Vorschein, wie sie den microscopischen Hefen und Bacterien fast regelmäßig folgen (s. oben p. 70). Den typischen Unterschied solcher Versuche bald nach Beginn und gegen Ende geben die Abbildungen auf Taf. II wieder.

Experimentelles.

Versuche mit jungem und altem Fichtenholz, Glaskolben, 3mal sterilisiert, Watteverschluß, Wasserschicht am Boden usw. alles wie oben. Reinculturimpfung mit Platinnadel.

Versuch 1 (29. XII. 11—1. IV. 12). — 4 ERLÉNMEYER-Kolben, je mit 3—4 Stückchen jungen Holzes (aus 7jährigem Stämmchen geschnitten; ca. 5 × 2 × 2 cm). — Resultat: Gutes Anwachsen der Impfflocke zu schneeweißem Mycel, das alle Holzstücke nach einigen Wochen dicht überzieht, hoch emporwachsend. Helle Stränge an den Gefäßwänden. — Controllversuche mit altem Holz gaben nur dürrtiges Mycel.

Die weiteren Versuche stelle ich hier kurz in einer Übersicht zusammen:

I. Versuche mit jungem Holz (Splint).

	Aussehen		Resultierende Beschaffenheit des Holzes
	nach 10 Wochen	nach 10 Monaten	
Nr. 1 (32) ¹⁾	Holzstücke sämtlich mit dichtem weißen Luftmycel bedeckt, langsam an Gefäßwand emporsteigend	Schneeiges watteartiges Mycel bis 2 cm unter den Watteverschluß emporgestiegen	Stark zersetzt, mit Schwindrissen; braun verfärbt, morsch
„ 2 (33)		Desgl. halb den Kolben ausfüllend	
„ 3 (34)		Desgl. ebenso	
„ 4 (35)		Desgl. bis in Watteverschluß emporgewachsen	
„ 5 (36) „ 6 (37)		Holzstücke mit dichtem weißen Mycelrasen	

1) Die eingeklammerte Zahl ist überall die Protokollnummer der Versuche, die ich am Schluß der Arbeit ursprünglich noch einmal einzeln zusammengestellt hatte; aus Raumrücksichten lasse ich sie fort.

II. Versuche mit altem Holz (Reifholz).

	Aussehen		Resultierende Beschaffenheit des Holzes
	nach 10 Wochen	nach 10 Monaten	
Nr. 1 (62)	Holzstücke mit spärlichem Mycel, nicht auf Gefäßwand übergreifend	Helles Mycel lediglich als dünner spinnwebiger Überzug der Holzstücke	Aussehen kaum verändert, oberflächlich z. T. etwas verfärbt und weich (morsch), 1 bis 2 mm tief, teils ohne Veränderung
„ 2 (63)			
„ 3 (17)	Holzstücke mit dünnen Mycelfäden überzogen	Mycel als zarter grauweißer Überzug des Holzes; nicht auf die Seitenwände der Kolben übergangen	
„ 4			
„ 5			
„ 6			

7. Bedeutung der Feuchtigkeit.

„Lufttrockenes“ Fichtenholz kann, wie vorher gezeigt wurde (Abschnitt 1), durch Übertragung kleiner junger Mycelteile weder in feuchter Kammer noch in der relativ wasserdampfreichen Kellerluft (Hygrometer ca. 95 %) angesteckt werden, die Impfflocke ging auf der oft ohne macroscopische Vegetation bleibenden Substratoberfläche langsam zugrunde; es gilt das selbst noch für Holz von einem gewissen merklich höheren Feuchtigkeitsgehalt. Das Experiment läßt sich unter absolut sterilen Verhältnissen im Kolben wiederholen; die unter Watte sterilisierten, nur leicht befeuchteten Holzproben gingen nicht an (Versuche s. p. 61), die übertragene Impfflocke haftete hier Tage und Wochen unverändert auf der berührten Spiegel- oder Hirnfläche, zarte ausstrahlende Hyphen blieben ohne Weiterentwicklung. Offenbar wird hier zum wirksamen Anwachsen ein höherer Wassergehalt des Substrates verlangt, der der Luft allein genügt nicht. Geeignete Bedingungen bietet, wie wir sahen, erst kräftig durchfeuchtetes Holz, hier vermag nach Ausweis einiger Versuche (p. 76) die Aussaat unter bestimmten Bedingungen auf nicht steriler Oberfläche sogar spärlich anzuwachsen, wenn auch die Weiterentwicklung alsbald durch die Concurrenz anderer Microorganismen verhindert wird. Oben wurde bereits betont, daß der besondere Grad gerade der Substratfeuchtigkeit ein sehr wichtiger Punkt ist. Diese spielt für Ansteckung durch den noch intacten wachsenden *Merulius*-Rasen dagegen eine untergeordnete Rolle, lediglich deshalb erscheint es auffällig. Die Tatsache zeigt aber, wie verkehrt

es wäre, die für diesen gültigen Infectionsbedingungen auf die von ihm abgelösten isolierten Teile zu übertragen, der Rasen macht ja auch keinen Unterschied zwischen sterilem und nicht-sterilem Holz. Tatsächlich befinden sich die mit ihm noch in Verbindung stehenden Hyphen unter wesentlich anderen physiologischen Bedingungen.

Das frei in Bauten usw. wachsende Hausschwammmycel hat seine eigentliche Wasserquelle offenbar in der Bodenfeuchtigkeit oder im atmosphärischen Niederschlagswasser der Wände bzw. im Condenswasser, mit wachsender Entfernung von diesen Quellen nimmt es an Üppigkeit und Wirkungsintensität nachweislich ab; daß der Hausschwamm für jenes einen vollwertigen Ersatz in anderen Quellen¹⁾, so auch in der Luftfeuchtigkeit finde, ist sicher ein Irrtum, der wohl durch die dabei nicht hinreichend beachtete außerordentliche Leitungsfähigkeit dieses Pilzes für Nährstoffe und Wasser auf weite Strecken hin veranlaßt wurde. Auf feuchtem Steinboden liegende Hölzer werden gerade unterseits stärker bewachsen und zersetzt²⁾, weitab liegende Holzproben von ebendemselben Pilz dagegen nur träge angegriffen. Der isolierte Mycelteil muß als Ganzes mit der vollentwickelten „*Merulius*-Pflanze“ verglichen werden, auch er verlangt also — nicht anders als Steckling oder Keimpflanzen — eine besondere Wasserquelle zur Weiterentwicklung, also freies poröses, nicht hygroskopisches Wasser. Während man heute im allgemeinen die Substratfeuchtigkeit gern unterschätzt, scheint man die Bedeutung der Luftfeuchtigkeit für die Ent-

1) Neben der Luftfeuchtigkeit (wasserdampfgesättigte Luft) soll auch durch Atmung gebildetes Wasser in Frage kommen (vgl. MEZ, l. c. 190 u. f., wo auch Literatur). Sicher sind beide nicht ganz ohne Bedeutung, und eine dürftige Entwicklung des Pilzes kann auch stattfinden, wenn flüssiges Wasser fehlt; den Vorteil hoher Luftfeuchtigkeit sehe ich aber mehr in dem dadurch verminderten Wasserverlust des Pilzes, dessen besonders hohes Wasserbildungsvermögen mir noch keineswegs bewiesen scheint. Die bekannten Tropfenabscheidungen sind wohl weniger Atmungswasser als ausgepreßter Zellsaft („Blutungswasser“) und dementsprechend bei mehreren Pilzen (*Polyporus* u. a.) nachweislich reich an Salzen. Auch *Merulius*-Fruchtkörper geben in ihm wohl nur das Wasser von sich, welches ihnen von dem feuchten Standort zugeleitet wurde.

2) S. oben p. 43. — Ähnlich bei HARTIG-TUBEUF, Hausschwamm, 1902, p. 39.

wicklung des *Merulius* etwas zu überschätzen. Weder der freie Luftmycelrasen noch das aus kranken Holzstücken ausstrahlende Mycel beansprucht völlig dampfgesättigte Luft, ebensowenig ist auch das oft beobachtete Zusammensinken jenes nun notwendig oder im allgemeinen stets Folge des Hinzutritts relativ trockener Luft, sondern oft Folge mechanischer Störung des empfindlichen Pilzes, auch gelegentlich wohl Folge Versiegens der Substratfeuchtigkeit oder einfach normaler Verlauf (Alterswirkung). Die relative Feuchtigkeit der Kellerluft bewegt sich gewöhnlich unter 95%, Ansteckung durch Luftmycel in künstlichen Culturen und üppige Entwicklung findet aber noch weit unterhalb statt, vorausgesetzt, daß die verlangte Substratfeuchtigkeit vorhanden ist. Versuche zeigen das mit hinreichender Sicherheit.

Feuchtigkeitsbestimmungen der Kolbenluft unter dem Wattestopfen meiner Versuche sind zwar nicht gut durchführbar, volle Sättigung dürfte bei Zimmertemperatur aber schwerlich vorhanden sein, ist vielmehr so gut wie ausgeschlossen; noch weniger ist das der Fall bei Glaskolben, deren Mündung lediglich durch eine doppelte Lage Fließpapier verschlossen ist. Auch unter diesen Bedingungen ging die übertragene Mycelflocke nicht nur gut an, es kam da selbst zu hoch emporwachsenden Luftmycelien (s. Taf. II, Fig. 4). Selbst in mit Fließpapier bedeckten Bechergläsern entwickelte sich aus der Einsaat noch ein ansehnliches weißes Mycel. Die Holzstücke in den mit Fließpapier verschlossenen Kolben wurden überdies vom Pilz stark zersetzt (Schwindrißbildung beim Eintrocknen), nicht weniger als unter Watteverschluß. Ansteckung sterilisierter nasser Holzproben gelingt selbst in einfachen Doppelschalen und sogar in völlig offen stehenden Kolben, wo aber natürlich die *Merulius*-Entwicklung bald durch Fremdorganismen unterdrückt wird. In allen diesen bei Zimmertemperatur stehenden Versuchen kann von einer maximalen Sättigung des Luftraumes nicht gut die Rede sein.

Der Umfang des entstehenden Mycels hängt direct von der dem Pilz in den Versuchen mitgegebenen Wassermenge ab, auf nur mäßig durchnäßigem Holz ist die Entwicklung nur halb so üppig als da, wo eine besondere Wasserschicht noch den Boden bedeckt: solche Versuche verlaufen fast mit der Genauigkeit eines

chemischen Experiments ¹⁾, sie erhärten die Bedeutung des flüssigen Wassers für den Hausschwamm. Ich gebe unten kurz die Experimente wieder.

Übrigens finde ich auch die Forderung dampfgesättigter Luft für *Merulius* noch nirgends näher begründet, es bliebe also offen, ob solche direct als Feuchtigkeitsquelle dienen oder nur verdunstungseinschränkend wirken soll; das zweite wäre natürlich wichtig, dazu genügt aber ein höherer Sättigungsgrad überhaupt; ob die Hyphen dagegen Wasser aus der umgebenden Atmosphäre aufnehmen oder aufnehmen können — hier wäre möglichst niedrige Lage des Taupunktes wichtig — bleibt noch zu erweisen, die bisherigen Versuche sprechen nicht dafür. Trotz des größeren absoluten Wassergehalts wärmerer Luft muß die geringere relative Sättigung stärkere Verdunstung und somit wenigstens höheren Wasserverbrauch und -Bedarf des Mycels zur Folge haben. Die beste Ausnützung der dem in Bauten wachsenden Pilz bisweilen spärlich gebotenen Feuchtigkeit — also reichlicheres Wachstum — gewährt natürlich die mit stärkerer Sättigung verknüpfte niedrige Lufttemperatur; das schließt gutes Wachstum der Luftmycels auch in wärmerer, relativ erheblich trockener Luft keineswegs aus, sofern nur im Substrat die geforderte Wassermenge zur Verfügung steht. Die Versuche zeigen das direct. Die niedrige Temperatur seines Standortes (fast ausschließlich Keller und Erdgeschoß) garantiert dem in ausgesprochener Weise Erdbodennähe bevorzugenden Pilz so eine möglichst öconomische Ausnutzung der verfügbaren Substratfeuchtigkeit, nicht minder eine möglichste Constanz derselben; als weiteres kommt hinzu die Verminderung der Gefahr bzw. Schädigung durch Fremdorganismen, als Folge der vielen von diesen nicht zusagenden niedrigen Wachstumstemperatur.

Experimentelles.

Alle Impfungen mit Reinculturmycel im Laboratorium, vorschriftsmäßig sterilisiert. Junges Fichtenholz.

Versuch 1 (29. XII. 11; Nr. 20—21). — Einfluß der Wassermenge. — 4 ERLENMEYER-Kolben mit gleichem Holz (je 3—4 Stückchen,

1) Photographie einer solchen Versuchsreihe gab ich in Jahresber. Ver. Angew. Botan. 1913 [1914], 11, 113, auf die hier verwiesen sein mag.

ca. $5 \times 2 \times 2$ cm von jungem Fichtenstämmchen, 7jährig), in 2 Versuchen nur leicht durchfeuchtet, in 2 anderen wassergesättigt und mit Wasserschicht am Boden. (Anfangs Gummikappe, später gelockert und beseitigt.) — Resultat: Impfflocke überall sich zu dichtem schneeweißen Mycel entwickelnd, das nach einigen Wochen alle Holzstücke völlig überzieht und verdeckt. Die Entwicklung ging noch mehrere Monate weiter, nach 1 Jahre ist das weiße Mycel in den 2 Versuchen mit starker Wassertränkung bis nahe an (1) bzw. bis in (1) den Watterverschluss gewachsen, in den 2 anderen kaum bis ca. zur halben Höhe¹⁾; Gefäßwand mit zahlreichen feinen Strängen; Holz mit vielen Schwindrissen, morsch.

Versuch 2 (29. XII. 11; Nr. 37). — Vergleichsweise mit und ohne Watterverschluss (hier Fließpapierkappe). Fichtensplint. — Abb. s. Taf. II, Fig. 3 u. 4.

Nr. 1 } „ 2 }	mit Wattestopfen	Nr. 3 } „ 4 }	mit Fließpapierkappe (doppelte Lage).
------------------	------------------	------------------	--

Verlauf. In Nr. 1—3 war die *Merulius*-Entwicklung ganz ähnlich wie vorher. Der Pilz überzog die Holzstücke mit dichtem schneeeigen Luftmycel, nur in Nr. 4 dürrtige feine weiße, dem Holz dicht anliegende Stränge; ein grüner Schimmelfleck zeigte, daß hier alsbald Infection stattgefunden hatte. — Bei Abschluß wie Versuch 1 (Holz zersetzt, mit zahlreichen Schwindrissen).

Versuch 3 (29. XII. 11—10. III. 12; Nr. 22). — Als Gefäße hier 2 Doppelschalen (10 cm Dm.) und 2 Bechergläser (10 cm hoch), letztere mit Fließpapier lose bedeckt. Alle mit kleineren Fichtenholzstücken und Spänen beschickt (sterilisiert, gut durchfeuchtet, Wasserschicht wie sonst). — Resultat: Impfung geht in allen Versuchen an, in 2 Fällen zu einem dem Holz dicht anliegenden größeren Mycel (2—3 cm Dm.) auswachsend, in den 2 anderen nach 10 Wochen neben spärlichem *Merulius*-Mycel Schimmelbildung (*Mucor*, *Penicillium*).

Versuch 4 (3. I.—10. II. 12; Nr. 24—25). — Vergleichsweise Kolben mit Watterverschluss und völlig offen; je 2 mit Spänen von altem Fichtenholz. Sterilisiert, Wasserschicht usw. wie sonst. — Resultat: Die Impfflocke entwickelte sich in allen 4 Fällen zu kleinen Mycelien, in den beiden offenen Kolben traten — wie vorauszusehen — alsbald Schimmelpilze auf (*Penicillium*, *Mucor*), so daß schließlich kein *Merulius* mehr vorhanden war. In den beiden durch Watte verschlossenen Kolben entwickelte derselbe sich zu einem dicht anliegenden Mycel von 4 cm Dm.

Versuch 5 (15. II.—14. III. 12). — 2 weithalsige Gläser mit Papierbedeckung (s. Versuch 2 unter Abschnitt 3). — Resultat: Entwicklung der Aussaat²⁾.

1) Diese Versuchsreihe ist l. c. photographisch wiedergegeben.

2) Vgl. die z. T. mit Papierbedeckung gemachten Versuche oben unter Abschnitt 3, Nr. 2 u. 6, p. 75 u. 77.

8. Übertragung von Sporen auf gesundes Holz.

Nach dem Ausfall der mit lebenden Mycelteilen angestellten Experimente ist positives Resultat der Ansteckung hier vorweg kaum zu erwarten, selbst bei tatsächlicher Keimung erwachsen dem jungen Keimschlauch unter natürlichen Verhältnissen die gleichen Schwierigkeiten, wie solche dem Anwachsen der Impfflocke entgegenstehen; auf relativ trockenem Holz also Fehlen genügender Feuchtigkeit, auf nassem Holz die Störung durch Fremdorganismen¹⁾. Anders läge der Fall, wenn Auskeimen auf gut durchfeuchtetem sterilen Holz stattfinden könnte, hier würde man gerade wie bei der Impfflocke baldige Entwicklung erwarten müssen; es ist ja gar nicht einzusehen, weshalb denn Sporenansteckung gesunden Holzes unmöglich sein soll; wenn sie bislang nicht erzielt wurde, so kann das eben nur an den ungünstigen Bedingungen in Verbindung mit der notorischen schlechten oder oft ganz fehlenden Keimfähigkeit der Sporen überhaupt gelegen haben.

Unter natürlichen (nicht sterilen) Bedingungen haben meine Versuche dementsprechend rein negative Resultate gegeben²⁾. Es bedarf für diese Frage kaum einer besonderen künstlichen Versuchsanordnung, Gelegenheit zu einer natürlichen Ansteckung gesunden wie trockenfaulen Holzes war in meinem Versuchskeller, dessen Luftraum durch lebhaftes Sporenverstäubung der Fruchtkörper völlig „verseucht“ war, planmäßig überall gegeben; auch auf Vegetabilien, feuchtem Papier usw. senkte sich ein feiner, schon mit bloßem Auge sichtbarer brauner Sporenstaub nieder. Aber an keiner Stelle wurde während der nunmehr rund 3jährigen Beobachtungsdauer Entstehung neuer *Merulius*-Vegetationen beobachtet; wo der Pilz wuchs, war er nicht durch die Luft, sondern stets nur durch directe Berührung mit dem von seinem Herde ausstrahlenden Mycel übertragen; wenn man in solchen Dingen offen und vorurteilsfrei sehen will, so gibt es dafür nur eine

1) Vgl. C. MEZ, Der Hauschwamm, 1908, 45, der gleichfalls auf diese Schwierigkeit hinweist. Ebenda auch weitere Literatur, die ich hier, als schon in früheren Mitteilungen angeführt, Kürze halber auslasse.

2) Ebenso frühere, s. Ber. Botan. Ges. 1913, 31, 311. Keimung der Sporen auf Holz ist in der Literatur wiederholt angegeben, wirkliches Anwachsen und Zersetzung ist nirgend festgestellt bzw. näher verfolgt.

Deutung. Wirkungsvoller ist es zwar, wie ich nicht leugnen will, dem Practiker die enorme Gefahr auszumalen, welche aus den 100 Millionen Sporen eines einzigen Fruchtkörpers unseren Bauten droht¹⁾, auch wenn dafür irgendwelche tatsächliche Unterlagen bislang überhaupt nicht gegeben wurden, die Annahme also als bloße Hypothese in der Luft schwebt.

Übertragungsversuche mit Sporen von freiwachsenden Fruchtkörpern auf steriles Holz haben ihre Schwierigkeiten, die Holzstücke bleiben selten oder nie dauernd steril, bei mir in keinem Falle; Fremdkeime sind entweder bei Übertragung mittelst Platinnadel schon dem Aussaat-Sporenmateriel beigemischt oder sie fallen beim Öffnen der verwendeten Doppelschalen mit den aus der Luft aufgefangenen *Merulius*-Sporen hinein, selbst wenn das Öffnen der Schalen nur ganz kurze Zeit behutsam dicht unterhalb der Fruchtkörper geschieht. Gegenüber ähnlichen Versuchen mit Agarschalen ist man bei Holzsubstrat dann schwer in der Lage, die Infection sogleich aufzufinden; später überwuchern alsbald Schimmelpilze die Oberfläche völlig. Zuverlässige reine Sporenaussaaten auf steril bleibendem Holz sind so m. E. so gut wie unmöglich, rein zufällig mögen sie wohl einmal gelingen, jedes Öffnen solcher sterilen Doppelschalen — schon bei der Beimpfung — genügt zur Luftinfection. Man darf sich dabei allerdings nicht durch weiße Schimmelformen täuschen lassen, von denen eine mir vorliegende z. B. ganz die gleichen watteartigen dauernd schneeweißen Luftrasen bildet wie *Merulius*, somit zunächst nur microscopisch von ihm unterscheidbar ist. Holzimpfversuche mit Sporen aus Reincultur habe ich bislang nicht gemacht²⁾.

Meine bisherigen Versuche „lufttrockenes“ oder durchfeuchtetes sterilisiertes Fichtenholz im Keller anzustecken, sind durchweg resultatlos gewesen; das Substrat blieb entweder ganz ohne sichtbare Vegetation oder es zeigte sehr bald Colonien

1) Vgl. R. FALCK, der auf solchen Illusionen noch besondere Bekämpfungsverfahren durch Formaldehyd oder „Mycanthin“ aufbaut (*Merulius*-Fäule 1912, 385, Merkblatt zur Hausschwammfrage 1913, 11).

2) Doch vermochte ich festzustellen, daß solche Sporen weder in Culturröhrchen mit Würze, W.-Gelatine, W.-Agar *Merulius*-Vegetationen lieferten, noch in der kleinen feuchten Kammer auskeimten (Ber. Botan. Ges. 1914, 32, H. 4, 254), wo das durch Microphotographien belegt ist.

oder feine Überzüge heller bis graugrüner Schimmelformen, die jedenfalls zur Unterdrückung etwaiger junger *Merulius*-Vegetationen, sofern solche in der Entwicklung begriffen waren, völlig ausreichen. Das ist bei dem ziemlich gleichen macroscopischen Aussehen junger farbloser Rasen der verschiedenen Mycelpilze nicht ohne weiteres zu entscheiden, verlangt jedenfalls besondere Feststellungen.

Experimentelles.

Versuch 1 (14. XII. 11—1. XI. 12). — Fichtenholzstückchen genau wie oben (p. 65) in Glasschale auf Fußboden des Kellerraums stehend, leicht durchfeuchtet, nicht sterilisiert, mit Sporen eines am selben Ort wachsenden Fruchtkörpers reichlich bestäubt. — Resultat: Holzoberfläche bleibt unverändert, ohne jegliche Vegetation. Als nach Verlauf von 3 Wochen die Holzstücke stark angefeuchtet, auch durch eine Wasserschicht am Boden der Schale für gleichmäßige Feuchtigkeit gesorgt war, trat 6 Tage später feiner Mycelüberzug auf der Holzoberfläche auf, der einige Tage darauf ergrünte. Weiterhin mit zunehmendem Austrocknen verfiel die schwache Schimmelbildung wieder, nach 6 und auch nach 12 Monaten sind Aussehen und Beschaffenheit des Holzes wie im Beginn.

Versuch 2 (20. XII. 10—30. V. 11). — Im Laboratorium ($\pm 20^\circ$) mit sterilem Fichtenholz in großer feuchter Kammer (6 Stück von ca. $5 \times 3 \times 2$ cm, in Glasschale von 20 cm liegend), nach Abwaschen wasserdurchfeuchtet, reichlich mit Sporen bestäubt. — Resultat: Oberfläche der Holzstücke zunächst ohne Vegetation bleibend, microscopische Präparate zeigten unveränderte Sporen; dann erschienen (— Infection beim Öffnen! —) an mehreren Stellen dürrtige helle Mycelien (microscopisch kein *Merulius*), bald auch spärlich ergrünend, zuletzt sind kleine grüne und graue Räschen vorhanden, *Merulius*-Rasen haben sich nicht entwickelt.

Versuch 3 (15. VIII.—25. X. 13). — Kellerversuch bei $13,1^\circ$, abnehmend bis 11° ; Luftfeuchtigkeit 93%, große Doppelschale mit 3 Stücken Fichtensplint (ca. $10 \times 5 \times 3$ cm), wassergetränkt, sterilisiert. Sporenaussaat durch behutsames Abheben der Deckelschale dicht unter einem reichlich Sporen-werfenden jungen Fruchtkörper (auf Unterseite einer Holzstange) für 1 Minute. Außerdem an einer Stelle der Holzoberfläche Ausstreichen einer Nadel voll auf Glas aufgefangener Sporen. — Resultat: Nach 2 Wochen verschiedene Mycelien auf Oberfläche der Holzstücke, die nach 4 Wochen alles spärlich aber ziemlich gleichmäßig überziehen, teils mit graugrüner Conidienbildung, teils farblose Räschen. Ebenso nach 8 Wochen. Die Stelle, wo directe Sporenübertragung mit Nadel stattgefunden hatte, war mit stärkerem grauweißen Mycelrasen bedeckt. Die genauere microscopische Untersuchung ergab für diesen: Es sind vorhanden: a) *Merulius*-Sporen, unverändert (10 Stück im Präparat), b) farblose kleine kugelige Sporen in großer Masse, c) farblose septierte Hyphen, $1-2 \mu$ dick, ohne Schnallen,

in großer Zahl (wohl zu b gehörig), d) schwach olivfarbige etwas derbere septierte Hyphen ohne Schnallen, spärlicher, e) zwischen den kugeligen Conidien (= b) Massen von kleinen einzelligen eiförmigen bis gestreckten, farblosen Gebilden (ob Hefen, ist nicht sicher zu entscheiden). — Außerdem wurden die grauweißen bis $\frac{1}{2}$ cm hohen Rasen auf der Holzoberfläche untersucht: zarte septierte Hyphen ohne Schnallen, zwischen ihnen in großer Menge kugelige helle Sporen, deren Entstehungsort zunächst nicht nachweisbar war (wohl mit obigen unter b übereinstimmend). Das Resultat ergibt also: Unveränderte *Merulius*-Sporen, neben farblosen Mycelien usw., die nach ihrem Aussehen nicht zu *Merulius*, sondern irgendwelchen Schimmelformen angehören. Gleiche Vegetation (weißer Pilz mit Luftmycelbildung und kugeligen Sporen) wurde übrigens in mit *Merulius*-Sporen bestäubten Agarschalen im Keller aufgefangen und in Reincultur übertragen.

Versuch 4 (15. VIII.—20. X. 13). — Kellerversuch bei 14° , sinkend bis 11° , Luftfeuchtigkeit $\pm 93\%$. 2 ERLÉNMEYER-Kolben mit Stücken sterilen lufttrocknen Fichtenholzes, Watteverschluß. Inficiert wurde: 1. Kolben a durch Öffnen für $\frac{1}{2}$ Minute dicht unterhalb des Fruchtkörpers wie in Versuch 3; 2. Kolben b durch einfache Umkehrung des Wattestopfens, der oberseits durch zahlreiche spontan aus der Luft abgesetzte Sporen braun bestäubt war (beide Kolben standen bereits seit 6 Wochen im Keller). — Resultat: Nach 8 Wochen waren beide Kolben nebst Inhalt noch unverändert, ohne Vegetation; solche fehlt auch auf dem umgedrehten Wattestopfen. Also Nichtkeimen der Sporen auf lufttrocknem Holz (und Watte) in der Kellerluft. Auch nach 6 Monaten beide Versuche unverändert (15. IV. 14).

Versuch 5 (30. IX.—23. X. 13). — Kellerversuch bei 12° — 11° , Hygrometer um 93% . 6 mittlere Doppelschalen, davon 5 mit sterilisierten durchfeuchteten Fichtensplint- und Reifholzstücken, einer mit Mörtelteilen. Nach 6tägigem Verweilen im Keller (steril bleibend!) behutsam nach einseitigem Aufheben der Deckelschalen mit Sporen bestäubt, in der Weise, daß ein abgelöster, vertikal gewachsener Fruchtkörper (von Wand des Kellers) rückseitig je dreimal mit Zeigefinger „angeknipst“ wurde. — Resultat: Nach ca. 2 Wochen waren reichlich Mycelien in der Entwicklung, in 2 Schalen sich grün färbend, in anderen grauweiß; von den Einzelversuchen seien zwei genauer geschildert, sie hatten folgendes Aussehen:

1) Große Doppelschale mit 7 Splintstücken zeigte: 8 grüne Schimmelrasen (meist *Aspergillus glaucus*), 4 graugelbliche Schimmelflecke von ca. 1 mm Höhe, 7 hochwachsende (ca. 1 cm) grauweiße Rasen (unter Microscop helle schnallenlose septierte Fäden, zahlreiche kugelige Sporen). Die verschiedenen Vegetationen berühren einander bereits. Kein *Merulius*!

2) PETRI-Schale mit 3 Holzstücken (war vorher mit Zuckernährlösung behandelt): ungefähr 30 übereinstimmende weiße Schimmelflecke,

einige ergrünt (*Aspergillus glaucus*) nehmen die Hälfte der Holzoberfläche in Beschlag. Keine Andeutung von *Merulius*!

Versuch 6 (1. VII.—23. X. 12). — Kellerversuch mit mehreren trockenfaulen (halbmorschen) Holzstücken, frei auf Holzbört und Fußboden der Sporenverstäubung durch Fruchtkörper ausgesetzt, Lufttemperatur und -Feuchtigkeit wie oben. — Resultat: Oberfläche der Stücke blieb vegetationslos, war auch nach 1 $\frac{1}{2}$ Jahren noch so (17. IV. 14).

9. Ansteckung durch wachsende Mycelrasen.

Der sicherste Weg, gesundes Holz unter natürlichen Verhältnissen schwammkrank zu machen, ist Contact mit dem in Kellerräumen wachsenden Luftmycelrasen, das ist hinlänglich bekannt, ebenso, daß hierfür das anzusteckende Holz lediglich „lufttrocken“ (hygroscopisches Wasser) zu sein braucht; keineswegs ist dies aber Vorbedingung, im Gegenteil erkrankt und zerfällt feuchtes Holz bzw. feuchte Teile desselben merklich schneller¹⁾. Das ist nach dem Ausfall der vorher mitgeteilten Impfversuche mit sterilem nassen Holz ohne weiteres verständlich.

Auf die Ansteckungsversuche mit solchem Mycelrasen im Keller (s. Abb. 1, p. 63), die ich im Verlauf der Zeit wiederholt auch mit anderen Holzarten als Fichte gemacht habe²⁾, brauche ich hier im Einzelnen nicht näher einzugehen, sie sind schon oben besprochen; mit *Merulius*-disponierten Hölzern gelingen sie regelmäßig, die Schnelligkeit, mit der sie verlaufen, hängt von der herrschenden Temperatur und dem besonderen Feuchtigkeitsgrade des Untergrundes (bei nicht isolierten Mauern wesentlich unter Einfluß der äußeren Witterungsverhältnisse stehend) ab³⁾. Ungünstigenfalls können bis zum Bewachsen der Holzproben Wochen vergehen. Fast ausnahmslos bewächst der Mycelrasen dabei jede Holzart (er geht ja auch auf Stein, Metall, Glas usw. über), welche er davon nun factisch zersetzt, hängt allein von deren besonderen Natur ab; nichts wäre verkehrter, als aus dem

1) S. oben p. 43.

2) S. oben p. 39.

3) Die Steine des porösen Backsteinfußbodens meines Kellers sind in Nähe der Außenwände stets durchfeuchtet, nach den Innenwänden zu trocken. Die Grenze zwischen der dunklen und hellen Farbe der Ziegelsteine ist scharf zu sehen, sie verschiebt sich je nach der Witterung, ebenso die Intensität der Feuchtigkeit in den Steinen selbst.

bloßen Bewachsenwerden eines Materials auf dessen Zersetzbarkeit zu folgern, beides ist scharf auseinander zu halten. Alle Fichtenholzstücke meiner Versuche waren schon in weit weniger als Jahresfrist ausnahmslos völlig weich, ähnlich Buche, Linde, Birke, dagegen blieben Mahagoni, Schwarze Walnuß, Robinie, Cigarrenkistenholz (*Cedrela*) hart und unverändert; etwas ungleich verhielten sich die Eichenholzproben, die nur vereinzelt unterseits anmorschten; diese Versuche habe ich dann nochmals mit notorisch gutem Kernholz von Japanischer Eiche (Parketthölzer) wiederholt. Auch an diesen trat nach Monaten eine lebhaftere Wucherung von *Merulius* ein, die Hölzer waren nach ca. 8 Monaten am Backsteinflußboden völlig festgewachsen, unterhalb stark mit Häuten und Strängen bewachsen, weder Nagel noch Messerspitze drang aber (mit einer Ausnahme) irgendwo ein, ihre Härte war völlig unverändert¹).

Erstklassiges altes Kernholz der Eiche verhält sich hiernach genau so wie meine früheren Feststellungen ergaben. Im übrigen spielt bei dieser Holzart der oft wechselnde Gerbstoffgehalt eine bestimmende Rolle, möglichst ausgekochtes Eichenholz vermorscht unter Wirkung des Pilzes allmählich, wie ich das an den seinerzeit geschilderten Versuchen inzwischen festgestellt habe. —

Die bereits oben wiederholt berührte Frage nach dem Grunde der fast bedingungslosen Infectiosität des unverletzten Luftmycel ist sicher von theoretischem Interesse, erst nach den negativen Erfolgen der Impfungen mit kleinen Mycelstücken fällt darauf ein gewisses Licht. Gerade auf seinem ureigensten Substrat vermag *Merulius* hiernach nur festen Fuß zu fassen, wenn er es gleichsam als „vollständig entwickelte Pflanze“ berührt, soll heißen sein Luftmycel (das eigentliche Infectionsmycel) also rückwärts in Zusammenhang mit dem eigentlichen Substratmycel bleibt. Nur dann hat jenes die „Kraft“, die einer Weiterentwicklung entgegretenden ungünstigen Momente (Fremdorganismen, Wassermangel usw.) erfolgreich zu überwinden; die ununterbrochene Stoffzufuhr aus dem Substrat ist anscheinend wesentliche Bedingung für die verlangte Activität,

1) Ber. Bot. Ges. 1914, 32, H. 3, 206. Hier auch Photographie.

welche mit der Trennung der Teile vom Ganzen in ihnen erlischt, jedenfalls aber so weit herabsinkt, daß sie nur unter künstlichen Versuchsbedingungen (auf sterilem Substrat) wieder hergestellt werden kann. Ob und welche ganz besonderen Fähigkeiten etwa sonst noch den Hyphen des intacten Luftmycelrasens zukommen (man kann an Ausscheidung von Enzymen, Kohlensäure, Wasser usw. denken) oder ob es sich lediglich um die den ungestörten Hyphen zumal bei „Massenwirkung“ innewohnende Resistenz oder Activität handelt, sei dahingestellt.

Zweierlei Dinge bzw. Organe kommen unter natürlichen Verhältnissen für die Entstehung solch ausstrahlenden Luftmycels wesentlich in Frage: Kranke Holzteile (also das sie durchziehende Substratmycel mit Gemmen usw.) und die nach „Abblühen“ der hohen Mycelrasen, zumal auf Stein u. a. zurückbleibenden späterhin dunklen Stränge. Erstere wachsen in der Kellerluft bekanntlich auch ohne besondere Wasserzufuhr, letztere anscheinend nur in Berührung mit feuchten Oberflächen nach einer gewissen Zeit zu jungem Luftmycel aus. Die spätere Entwicklungsfähigkeit aller übrigen Teile scheint mir zweifelhaft.

10. Schlußzusammenfassung.

Das Wesentliche der sich aus den etwas umfangreichen Versuchen ergebenden Tatsachen läßt sich ganz kurz zusammenfassen. Lufttrockenes oder angefeuchtetes nicht unbedingt steriles gesundes Fichtenholz wurde durch Übertragung kleiner lebender Mycelteile des *Merulius* aus Reinculturen auch im feuchten Raume in keinem Falle wirksam angesteckt (Abschnitt 1, p. 57) bestenfalls kam es zu einer Kummervegetation des Pilzes, ohne merkliche Wirkung auf das Substrat. Es gelang das in Laboratoriumsversuchen selbst nicht mit größeren Deckenteilen; die Tatsachen deuten auf ungemeine Empfindlichkeit des anspruchsvollen Pilzes. Wirkungslos war auch Übertragung von Mycelflocken in feuchter Kellerluft, wenn dieselben direct von dem dort lebhaft vegetierenden Luftrasen entnommen wurden (Abschnitt 1, p. 62); die Impfungen gingen nicht an, die Mycelflocken collabierten und zerfielen allmählich. Die Erklärung dafür hat in allen diesen Fällen wohl in der Hauptsache mit zwei Punkten zu rechnen: Unzureichende Ernährung (incl. Wasserversorgung)

und Schädigung durch Fremdorganismen (Bakterien, Hefen, Mycelpilze). In Übereinstimmung damit änderte sich der Versuchsausfall sogleich, als die Aussaaten auf notorisch steriles und gut durchfeuchtetes Holz gemacht wurden, bedingungslos wuchsen sie zu reinen Vegetationen an (Abschnitt 3, p. 72), und zwar üppig, wenn dasselbe reichlich gelöste Nährstoffe enthielt (Splint, getränktes Reifholz, Absch. 4 u. 6, p. 77 u. 83), zu mehr oder weniger kümmerlichen Vegetationen, wenn solche fehlten (Reifholz, ausgekochtes Holz, Absch. 6, p. 78 u. 85), Gleichzeitig zeigte sich, daß nur im ersteren Falle das besiedelte Holz stärker zersetzt wurde, in letzterem Falle war eine Wirkung nicht oder nur schwach vorhanden.

Gutes Gelingen der Ansteckung und Zersetzung war direct von der dem Pilz zur Verfügung stehenden Menge flüssigen Wassers abhängig, sterile Holzstücke vom bloßem Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Luft wurden so nicht angesteckt, das Doppelte an Wasser hat ungefähr die doppelte Wirkung. Wasserdampfreiche Luft ersetzte das nicht, ebensowenig war andererseits höchste Luftfeuchtigkeit eine Bedingung für Ansteckung, Pilzentwicklung und Zersetzung durch die ausgesäte Mycelflocke.

Das erfolgreiche Anwachsen einer jungen *Merulius*-Vegetation auf gesundem Holz aus der übertragenen Mycelflocke verlangt also kaum wesentlich andere Bedingungen als etwa das einer Keimpflanze oder eines Stecklings: Wasser mit Nährstoffen und Abwesenheit schädlicher Microorganismen. Inwieweit das schon angewachsene Mycel wasserbedürftig ist, bleibt davon zunächst unberührt, aber auch diese Frage wird von den Tatsachen bejaht.

Die Versuche, durch Übertragung von Sporen eine Ansteckung von „lufttrockenem“ oder angefeuchtetem Holz zu erzielen, verliefen rein negativ (Abschnitt 8, p. 90); für nichtsteriles Holz ist das nach dem Ausfall obiger Übertragungsversuche mit lebenden Mycelflocken wohl verständlich, sterilisiertes Holz verhielt sich aber auch nicht anders, ob auf Grund mangelnder Keimfähigkeit der übertragenen Sporen oder weil es bei Aussaat von Sporen der Fruchtkörper des Kellerraumes stets inficiert wurde, mag dahingestellt bleiben. Die Frage ist an Reinculturmaterial nachzuprüfen.

Ganz verschieden von dem Verhalten abgetrennter Mycelstücke und Sporen unter natürlichen Bedingungen ist nun das der intacten Pilzrasen selbst gegenüber gesundem Holz, also das

des Pilzes, solange er mit einem Teil seines Mycel im Substrat haftet, mit einem anderen von jenem ausstrahlend sich über dasselbe und seine Umgebung weit ausbreitet; es ist das also die in Substrat- und Luftmycel gegliederte bzw. differenzierte ganze „Pilzpflanze“ selbst. Dieselben Hyphen, welche von ihr abgetrennt unter natürlichen Verhältnissen auf Holz nicht anzuwachsen vermochten, sondern dazu erst der Herstellung künstlicher steriler Verhältnisse bedurften, wachsen in ungestörter Verbindung mit ihrem Substratmycel mühelos auf trockener wie auf feuchter keimhaltiger Holzoberfläche alsbald an, sie sind als eigentliches Infectionsmycel jetzt fast bedingungslos infectionstüchtig. Nachweislich gilt das jedenfalls für Keller-Verhältnisse und -Temperatur, ob in vollem Umfange auch etwa für höhere Temperaturen usw., steht vorläufig dahin. Eine besondere Wasserquelle, die osmotisch die starke Volumzunahme des sich ausbreitenden Pilzes deckt, ist für mich dabei Voraussetzung für weiteres Umsichgreifen. Das vom Substratmycel bewohnte kranke Material steht jedenfalls nicht selten in Verbindung mit (poröses Wasser abgebendem) feuchtem Mauerwerk, das ja auch das Mycel selbst mit Vorliebe aufsucht, sein gewöhnliches Vorkommen in Erdbodennähe, zumal in schlecht isolierten Gebäuden ist nicht zufällig. Schwammholz hat überhaupt an sich in feuchter Luft schon einen höheren hygroscopischen Wassergehalt ($\pm 25\%$) als gesundes Fichtenholz ($10-15\%$).

Für uns genügt hier die Feststellung der Tatsache, daß unter natürlichen Umständen die Infectionstüchtigkeit der *Merulius*-Hyphne von einer organischen Verbindung mit den älteren Teilen des irgendwo wuchernden Pilzes abhängt, isoliert geht sie zugrunde.

In practischer Hinsicht ergibt sich aus den referierten Versuchen, daß die Ansteckungsgefahr durch Hausschwamm im allgemeinen nicht so erheblich ist, als wohl angenommen wird, nur der wachsende Schwamm greift von seinem Standort aus sicher und regelmäßig um sich, abgerissene Mycelteile wie Sporen könnten unter den Verhältnissen der Praxis nur in bestimmten Fällen in Betracht kommen; die für ihre Entwicklung verlangte Feuchtigkeit wird durch damit notwendig verbundene Entwicklung anderer Microorganismen für sie gegenstandslos, steriles Holz in Bauten gibt es nicht. Abgetrennte zarte Luftmycelien wie derbere Häute pflegen auch beim Ein-

trocknen alsbald abzusterben. Es bleiben noch die Strangbildungen, deren Ausstrahlen zu jungen Mycelien an feuchten Orten als sicher gelten darf. Vor allem gilt dies bekanntlich aber für kranke Holzteile¹⁾, aus ihnen kann — zunächst ohne besondere Zufuhr flüssigen Wassers — bereits in feuchter Luft die Mycelrasenbildung beginnen, damit ist der Ansteckungs-herd gegeben. Ihre Gefährlichkeit liegt auf der Hand; in ihnen beginnt, geschützt gegen Fremdorganismen, alsbald das Wachstum des Mycels von neuem, heraustretend bildet sich das junge Luftmycel; vom Substrat mit Feuchtigkeit und Nährstoffen versorgt, breitet es sich aus, um auf geeignetem Boden alsbald festen Fuß zu fassen. Die Bedeutung gerade des kranken, vom Substratmycel durchsetzten Holzes für die Verbreitung des *Merulius* sehe ich also darin, daß dieses Material den Hyphen ermöglicht, unbeeinflußt durch schädigende Einwirkungen²⁾, zu einem infectionstüchtigen Rasen zu erstarken; die Infectiosität dieses beruht eben auf der ungestörten Verbindung mit den im Holz eingeschlossenen Pilzteilen, mit der Abtrennung geht sie verloren, die isolierte Mycelflocke ist unter natürlichen Verhältnissen nicht ansteckungsfähig.

Es liegt nur nahe, diese Infectionstüchtigkeit als Ausdruck einer lebhafteren physiologischen Activität der Hyphen zu betrachten, denn etwas anderes ist es ja nicht, wenn wir sehen, daß das Luftmycel trotz der vorhandenen Hemmungen auf der Oberfläche relativ trockenen Holzes zum erfolgreichen Anwachsen kommt. Die Bedingungen für diese verlangte Activität — einer besonderen Stoffwechselenergie der jungen, in ungestörtem kräftigen Wachstum begriffenen Hyphen — liegen aber in dem engen Zusammenhang mit den Substratfäden.

1) Vgl. C. MEZ l. c. 182ff. und die dort verzeichnete Literatur.

2) Durch *Merulius* zersetztes Holz ist — wie ich inzwischen feststellte — in chemischer Beziehung durch reichlichen Gehalt an Huminstoffen charakterisiert; damit wäre vielleicht u. a. ein besonderer Schutz gegen Hefen und Bacterien gegeben (Ber. D. Botan. Ges. 1914, **32**, 671 und Ber. D. Chem. Ges. 1915, **48**, 130, hier die Analysen usw. der dargestellten Huminstoffe). Ebenso beruht die lackmusrötende Eigenschaft des von *Coniophora*, *Polyporus vaporarius* u. a. zersetzten Fichtenholzes auf der Bildung von Huminkörpern durch diese Pilze, nicht etwa auf dem Gehalt an freien organischen Säuren.



Erläuterungen der Tafeln.

Von den oben beschriebenen, reihenweise photographierten Experimenten sind hier ¹⁾ lediglich je 2 Durchschnittsversuche verkleinert wiedergegeben; stets gleichzeitig angesetzt und gleichaltrig. Für alle versteht sich Impfung mit ca. weizenkorngroßer Mycelflocke aus Reincultur und Fichtenholz. Näheres s. Text p. 83 u. f.

Tafel I.

Fig. 1 und 2: Wirkung des Sterilisierens auf Splintholz als Substrat; Aussehen der gleichen Versuche wenige Wochen (Fig. 1) und 1 Jahr (Fig. 2) nach Beimpfung; *Merulius* entwickelt sich nur im vorschriftsmäßig sterilisierten Versuch, dann aber sehr üppig (Kolben links, Nr. 81, watteartiges Mycel und Stränge), der unsterilisierte zunächst ohne macroscopische Vegetation (hier später kleine *Chondrioderma*-Fruchtkörper auf Hirnfläche des einen Holzstückes sichtbar; Kolben rechts, Fig. 2, Nr. 80). — Fig. 1 zeigt die Wasserschicht am Boden (auch Taupfropfen an Gefäßwand), s. Versuchsanstellung, p. 84. (Die weiße verticale Trennungslinie in Fig. 1 ist irrtümlich bei der Reproduction von der Kunstanstalt eingesetzt.)

Fig. 3 und 4: Wirkung des Sterilisierens auf Reifholz als Culturesubstrat. 2 ältere (im Experiment nebeneinander stehende) Versuche; nur im sterilisierten (Fig. 4) kommt *Merulius* zur Entwicklung, als dünner dürrtiger Belag das Holz überziehend; Gegensatz zu Fig. 1—2 auf Splintholz! Fig. 3 bleibt ganz ohne macroscopische Vegetation, doch Microflora auf Holzoberfläche. Text s. p. 85.

1) Photographien der vollständigen Versuche als Lichtbilder wurden von mir auf der Jahresversammlung der Vereinigung für Angewandte Botanik in Dahlem-Berlin, October 1913 vorgeführt (s. Jahresber. Ver. Angew. Botan. für 1913, 11 [1914], 106).

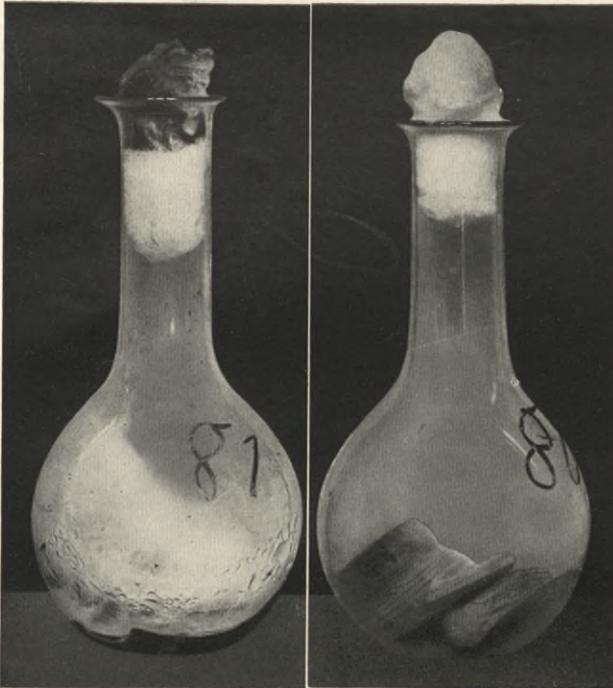


Fig. 1.

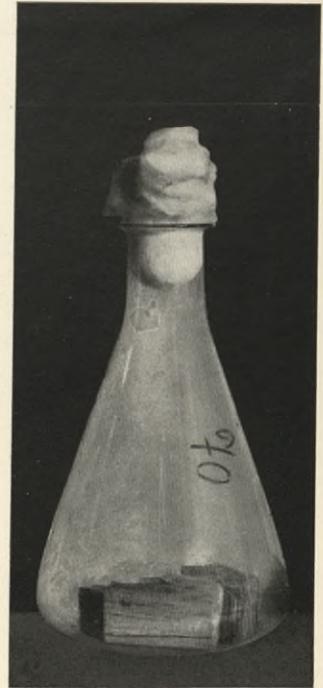


Fig. 3.

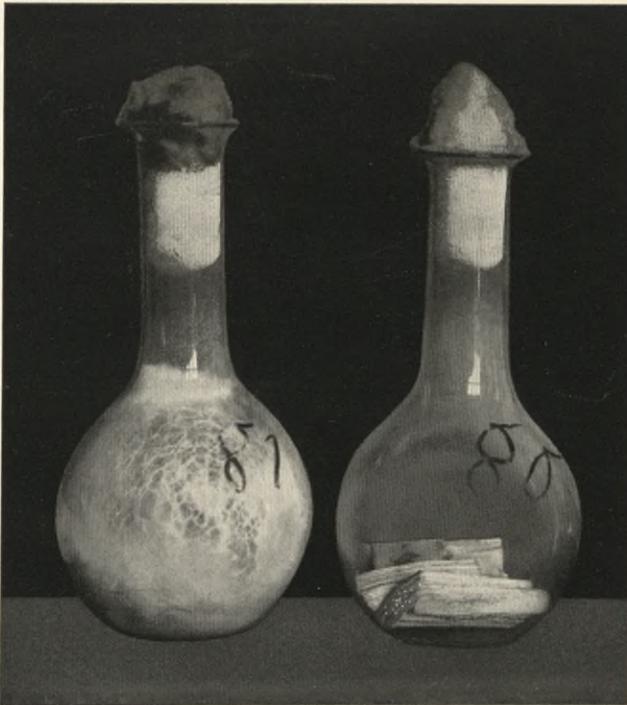


Fig. 2.



Fig. 4.

Fig. 1. Splintholz, sterilisiert und unsterilisiert (nach ca. 4 Wochen.) — Fig. 2. Splintholz, sterilisiert und unsterilisiert (nach ca. 1 Jahre.) — Fig. 3. Reifholz, unsterilisiert (nach 1 Jahre.) — Fig. 4. Reifholz, sterilisiert (nach 1 Jahre.)

Tafel II.

Tafel II.

Fig. 1 und 2: Wirkung einer Tränkung des Reifholzes mit Zuckernährlösung auf die *Merulius*-Entwicklung und -Wirkung; Aussehen derselben beiden Kolben bald nach Beginn (Fig. 1) und bei Abschluß (Fig. 2) des Versuches (sterilisiert). Tränkung des Holzes mit Nährlösung hat üppige Pilzentwicklung und starke Zersetzung zur Folge. In beiden Bildern der linke Kolben (Nr. 10) getränkt, der rechte (11) ungetränkt; der rechte mit dürftiger kaum sichtbarer Pilzentwicklung, Holz hier nach Jahresfrist unverändert, der Kolben links mit hohem schneeweißen *Merulius*-Mycel (Fig. 1) und später nach Verfall desselben mit völlig zersetzten Holzstücken (Schwindrisse, Fig. 2), s. Text p. 77 u. 79. (Die weiße verticale Trennungslinie in Fig. 2 auch hier versehentlich durch Kunstanstalt eingesetzt.)

Fig. 3 und 4: Zwei gleichaltrige (im Experiment nebeneinander stehende) Culturen auf Splintholz (sterilisiert) unter Watte- (Fig. 3) und unter Fließpapier-Verschuß, nach ca. 1 Jahre (Fig. 4). In beiden Versuchen zeigen die (nach Verfall der Mycelrasen wieder sichtbaren) Holzstücke die gleiche starke Zersetzung, morsch mit Schwindrisen. S. Text p. 87 u. 89.

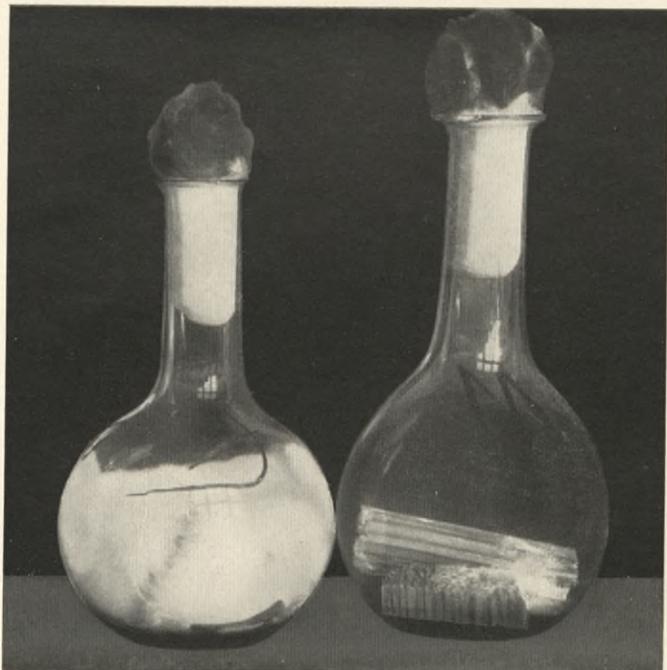


Fig. 1.

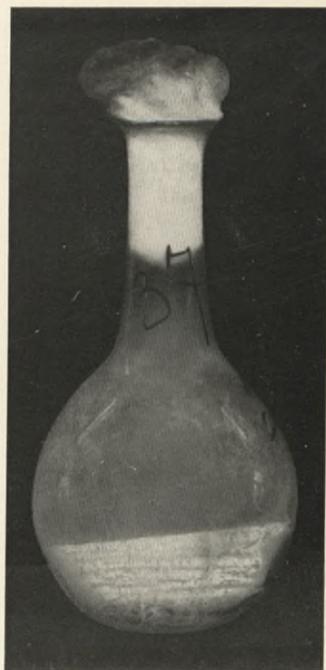


Fig. 3.

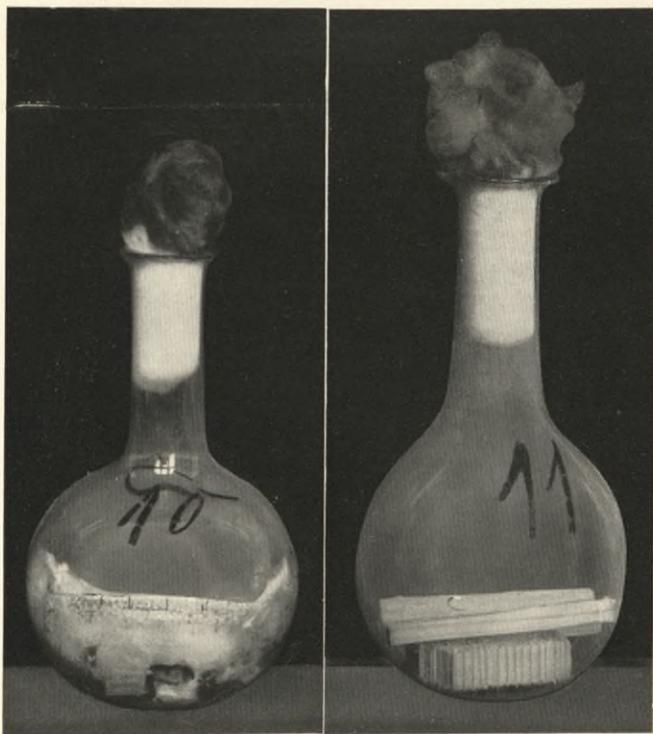


Fig. 2.

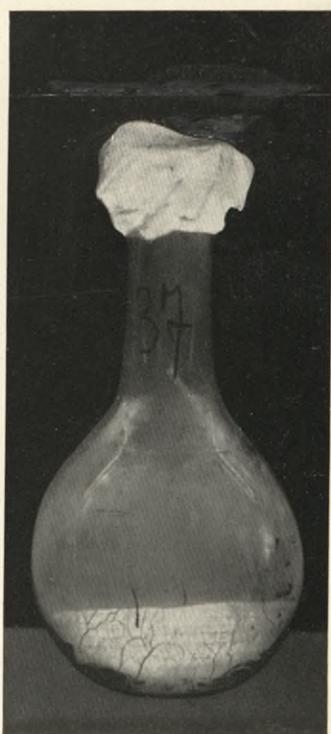


Fig. 4.

Fig. 1. Reifholz, mit und ohne Zuckertränkung (nach ca. 4 Wochen.) — Fig. 2. Reifholz, mit und ohne Zuckertränkung (nach ca. 1 Jahre.) — Fig. 3. Splintholz, unter Watteverschluß (nach 1 Jahre.) — Fig. 4. Splintholz, unter Papierbedeckung (nach 1 Jahre.)

Die Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz

Bearbeitet von

Prof. Dr. G. Beck R. v. Mannagetta und Lerchenau (Prag), Dr. O. Borge (Stockholm), J. Brunthaler (Wien), Dr. W. Heering (Hamburg), Prof. Dr. R. Kolkwitz (Berlin), Dr. E. Lemmermann (Bremen), Dr. J. Lütkemüller (Baden bei Wien), W. Mönkemeyer (Leipzig), Prof. Dr. W. Migula (Eisenach), Dr. M. v. Minden (Hamburg), Prof. Dr. A. Pascher (Prag), Prof. Dr. V. Schiffner (Wien), Prof. Dr. A. J. Schilling (Darmstadt), H. v. Schönfeldt (Eisenach), C. H. Warnstorf (Friedenau b. Berlin), Prof. Dr. J. N. F. Wille (Christiania),
Kustos Dr. A. Zahlbruckner (Wien).

Herausgegeben von

Prof. Dr. A. Pascher (Prag).

Einteilung:

- *) Heft 1: **Flagellatae I.** Allgemeiner Teil von A. Pascher; *Pantostomatinae, Protomastiginae, Distomatinae* von E. Lemmermann. Mit 252 Abbildungen im Text. (IV, 138 S.) 1914. Preis: 3 Mark 50 Pf., geb. 4 Mark.
- *) Heft 2: **Flagellatae II.** *Chryomonadinae, Cryptomonadinae, Eugleninae, Chloromonadinae und gefärbte Flagellaten unsicherer Stellung.* Von A. Pascher und E. Lemmermann. Mit 398 Abbildungen im Text. (IV, 192 S.) 1913. Preis: 5 Mark, geb. 5 Mark 50 Pf.
- *) Heft 3: **Dinoflagellatae (Peridineae) (Flagellatae III).** Von A. J. Schilling. Mit 69 Abbildungen im Text. (IV, 66 S.) 1913. Preis: 1 Mark 80 Pf., geb. 2 Mark 30 Pf.
- Heft 4: **Volvocales (Flagellatae IV)** mit dem allgemeinen Teile der *Chlorophyceae. (Chlorophyceae I.)* Von A. Pascher.
- Heft 5: **Tetrasporales, Protococcales. (Chlorophyceae II.)** Von E. Lemmermann und J. Brunthaler.
- *) Heft 6: **Chlorophyceae III.** *Ulotrichales, Microsporales, Oedogoniales.* Von W. Heering. Mit 385 Abbildungen im Text. (IV, 250 S.) 1914. Preis: 6 Mark, geb. 6 Mark 60 Pf.
- Heft 7: **Siphonales, Siphonogladiales (Chlorophyceae IV).** Von W. Heering.
- Heft 8: **Desmidiaceae.** Von J. Lütkemüller.
- *) Heft 9: **Zygnemales.** Von O. Borge und A. Pascher. Mit 89 Abbildungen im Text. (IV, 51 S.) 1913. Preis: 1 Mark 50 Pf., geb. 2 Mark.
- *) Heft 10: **Bacillariales (Diatomeae).** Von H. v. Schönfeldt. Mit 379 Abbildungen im Text. (IV, 187 S.) 1913. Preis: 4 Mark, geb. 4 Mark 50 Pf.
- Heft 11: **Heterocontae, Phaeophyceae, Rhodophyceae.** Von W. Heering. — Charales. Von W. Migula.
- Heft 12: **Schizophyceae.** Von F. N. Wille.
- Heft 13: **Schizomycetes.** Von R. Kolkwitz. — Fungi. Von M. von Minden. — Lichenes. Von A. Zahlbruckner.
- *) Heft 14: **Bryophyta (Sphagnales, Bryales, Hepaticae).** Von C. H. Warnstorf, W. Mönkemeyer, V. Schiffner. Mit 500 Abbildungen im Text. (IV, 222 S.) 1914. Preis: 5 Mark 60 Pf., geb. 6 Mark 20 Pf.
- Heft 15: **Pteridophyta, Anthophyta.** Von G. v. Beck.
- Heft 16: **Phytoplankton.** Von A. Pascher.

Die mit *) versehenen Hefte sind bereits erschienen.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Morphologie und Biologie der Algen

Von

Dr. Friedrich Oltmanns

Professor der Botanik an der Universität Freiburg i. Br.

Zwei Bände. Preis: 32 Mark.

Erster Band: Spezieller Teil. Mit 3 farbigen und 473 schwarzen Abbildungen im Text. 1904. Preis: 20 Mark.

Inhalt: I. Chryomonadineae. II. Heterocontae. III. Chryptomonadineae. IV. Euglenaceae. V. Dinoflagellata. VI. Acontae. VII. Chlorophyceae. VIII. Phaeophyceae. IX. Rhodophyceae.

Zweiter Band: Allgemeiner Teil. Mit 3 Tafeln und 150 Abbildungen im Text. 1905. Preis: 12 Mark.

Inhalt: I. System der Algen. II. Die Entwicklung der Fortpflanzungsorgane. III. Die Algenzelle. IV. Die Ernährung der Algen. V. Die Lebensbedingungen. VI. Vegetationsperioden. VII. Reizerscheinungen. VIII. Polymorphismus. IX. Generationswechsel. X. Anpassungen. XI. Hilfsmittel und Arbeitsmethoden.

Zeitschrift für Physiologie, Bd. VII, H. 2/3:

Seit über 20 Jahren besitzen wir kein zusammenfassendes Werk über Algen. Es ist daher mit Freude zu begrüßen, daß ein Forscher, dem wir eine Reihe grundlegender Einzularbeiten aus diesem Gebiete verdanken, vor der Aufgabe nicht zurückgeschreckt ist, die gerade in den letzten Jahren immens angewachsene Algenliteratur kritisch zu einem Handbuch zu verarbeiten. Jedem, der jetzt über Algen arbeitet, wird dieses großangelegte Werk ein unentbehrlicher Wegweiser sein.

Botanische Zeitung, Nr. 23 vom 1. Dezember 1904, Jahrg. 62:

Eine umfassende Darstellung der Morphologie der Algen war seit langer Zeit ein Bedürfnis. Die Literatur, deren wichtigste Erscheinungen bei jedem Kapitel in einem Anhang folgen, ist sehr vollständig zusammengetragen und durch eine Fülle von Abbildungen, unter denen eine ganze Reihe von Originalen sind, wird der Text erläutert. Die Behandlung des Stoffes ist klar und durchsichtig und das ganze Buch in einem frischen Tone geschrieben. An einigen Stellen, wo ein sehr umfangreiches Material zu verarbeiten war, so bei den Diatomeen, bei der Anatomie der Laminariaceen, bei der Fortpflanzung der Florideen, ist die Anordnung geschickt und übersichtlich.

Österreich. botan. Zeitschr. 1905, Nr. 12:

Wie der erste Band enthält auch der zweite eine Fülle von Angaben; er beweist sorgfältigste Literaturbenützung und eigene Untersuchungen. Wir besitzen nunmehr in dem Oltmannschen Buche eine ungemein wertvolle Zusammenfassung der die Algen betreffenden morphologischen, entwicklungsgeschichtlichen und ökologischen Kenntnisse. Wettstein.

Naturwissenschaftliche Wochenschrift vom 28. Januar 1906:

So ist denn ersichtlich, daß die gesammte Algologie in den vorliegenden beiden Bänden zur Bearbeitung gelangt ist, die ein mustergültiges Kompendium für jeden sind, der sich um Algen kümmert oder etwas Wesentliches von ihnen zu erfahren wünscht.

Botanische Jahrbücher, Bd. 34, Heft 5:

Es sei noch erwähnt, daß am Ende jeder Klasse die Literatur bis zum Jahre 1904 vollständig angeführt wird; sie ist, wie den Fachleuten wohl bekannt, eine sehr umfangreiche und zerstreute, und es ist dem Verfasser sehr zu danken, daß er uns im vorliegenden Bande eine gute, durch eigene Beobachtungen ergänzte Verarbeitung derselben gegeben hat. Das Buch wird vielen willkommen sein.

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II

L. inw.

5514

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000299220