

Zur Chemie der höheren Pilze

XV. Mitteilung

Chemische Beziehungen zwischen höheren Pilzen und ihrem Substrat II

Von

Rudolf Hasenöhl und Julius Zellner

(Mit 2 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 15. Dezember 1921)

Die vorliegende Mitteilung bildet die Fortsetzung einer Arbeit,¹ die der eine von uns vor längerer Zeit veröffentlicht hat, und soll weiteres experimentelles Material zu den damals angeschnittenen Fragen beibringen. Namentlich sind durch die chemische Untersuchung heterotropher Phanerogamen² Ergebnisse gewonnen worden, die eine physikalisch-chemische Charakterisierung jener Pflanzen, wenigstens bis zu einem gewissen Grade gestatten, und es war schon damals beabsichtigt,³ die Übertragbarkeit dieser Resultate auf die Pilze mit Hilfe des bereits vorliegenden Beobachtungsmateriales wie auch neuer Versuche zu prüfen. Mit diesem Gegenstand beschäftigt sich der erste Teil der vorliegenden Arbeit. Im zweiten Teile sollte der Chemismus jener Vorgänge besprochen werden, die sich bei der Stoffentnahme aus den organisierten Substraten von seiten der Pilze abspielen und es war beabsichtigt, vier typische Fälle zu studieren, und zwar 1. und 2. saprophytische Ernährung auf pflanzlichem und tierischem Substrat (einen Humus- und einen Dungbewohner), 3. und 4. parasitische Ernährung auf pflanzlichem und tierischem Substrat (einen Baum- und einen Tierschmarotzer). Dieses Programm konnte infolge der Ungunst der Verhältnisse leider nicht durchgeführt werden, insbesondere mußte auf die schon früher

¹ Monatshefte, 1910.

² Monatshefte, 1913, 1914 und 1919.

³ Monatshefte, 40, 311, 1919.

in Aussicht genommene chemische Untersuchung eines auf einem lebenden Tiere schmarotzenden Pilzes verzichtet werden, da die Schwierigkeiten der Materialbeschaffung bisher nicht zu überwinden waren.

I.

Als charakteristisch für die chemische Beschaffenheit chlorophyllarmer Phanerogamen war folgendes festgestellt worden:

1. daß ihr Wassergehalt bedeutend höher ist wie bei grünen Pflanzen;

2. daß unter den Mineralstoffen der Gehalt an K erhöht, an Ca vermindert ist, während Mg und PO_4 in normaler Quantität vorliegen;

3. daß die stoffliche Beschaffenheit, soweit sie die organischen Substanzen betrifft, in erster Linie nicht durch die besondere Ernährungsweise, sondern durch die systematische Stellung der betreffenden Phanerogamen bedingt ist;

4. daß in quantitativer Beziehung eine Verschiebung zugunsten der wasserlöslichen und von diesen wieder der kristalloiden, osmotisch wirksamen Stoffe zu bemerken ist. Dahin gehört erhöhter Prozentsatz an Traubenzucker, eventuell Mannit, an sauren, organisch sauren und phosphorsauren Kalisalzen und niedrig molekularen Stickstoffverbindungen (Aminosäuren und Nitraten). Wahrscheinlich wird dadurch ein genügend hoher osmotischer Druck in den wasserreichen Geweben ermöglicht, der die Wasserzufuhr sicherstellt;

5. daß das Verhältnis zwischen dem in Form einfach gebauter Verbindungen vorhandenen Stickstoff und dem Eiweißstickstoff ein größeres ist wie bei chlorophyllhaltigen Pflanzen.

Im Folgenden soll auf Grund neuer Versuche, wie auch früherer Untersuchungsergebnisse die Anwendbarkeit dieser Regeln auf den Chemismus der Pilze geprüft werden. Da die letzteren vollkommen chlorophyllfrei sind, was bei den oben erwähnten Phanerogamen meist nicht der Fall ist, so war von vornherein zu erwarten, daß sich die angeführten physikalischen und chemischen Eigentümlichkeiten hier noch schärfer wie dort ausgeprägt finden.

ad 1. Es ist allgemein bekannt, daß die fleischigen Pilze einen sehr hohen Wassergehalt von 90% und auch mehr aufweisen. Bei holzigen und lederigen Pilzen liegt der Wassergehalt wesentlich tiefer, zirka 50 bis 70% und ist erfahrungsgemäß von der jeweiligen Luftfeuchtigkeit abhängig. Über den Wassergehalt der zahllosen Kleinformen ist nichts bekannt. Ganz vereinzelt stehen die Mutterkornarten (*Claviceps*) mit ihrem niedrigen Wassergehalt von zirka 5% da. In der Regel ist der Wassergehalt der Pilze höher als der ihres Substrates. Diesbezüglich wurden an Pilzen und an ihren gleichzeitig gesammelten Substraten folgende Beobachtungen gemacht. (Tabelle Ia).

Tabelle Ia.

Pilz	Wasser- gehalt	Substrat	Wasser- gehalt	Anmerkung
<i>Daedalea quercina</i>	52·13	moderner Eichenstrunk	31·30	trockenes Wetter, Juli
<i>Polyporus hirsutus</i>	78·55	abgestorbener, noch aufrechter Stamm von <i>Alnus incana</i>	60·93	heiteres Wetter, August; feuchter Standort
<i>Pholiota multabilis</i>	92·99	moderner Buchenstrunk	68·44	trübes Wetter, Juli
<i>Hypopholoma fasciculare</i>	90·22	angegriffene, aber noch feste Fichtenwurzel	38·66	trockenes Wetter, August
<i>Reticula alutacea</i>	90·23	Fichtenyaldboden	48·87	trockenes, trübes Wetter, August

Doch kommen auch Ausnahmen vor, wie Tabelle Ib zeigt.

Tabelle Ib.

Pilz	Wasser- gehalt	Substrat	Wasser- gehalt	Anmerkung
<i>Polyporus ignitarius</i>	55·55	angegriffenes Holz aus dem Inneren eines noch lebenden Eichenbaumes	70·01	trockenes Wetter, Juli
»	40·98	dasselbe	81·25	trockenes Wetter, Februar

Nach Mez¹ besitzt der Hausschwamm die Fähigkeit, aus dem angegriffenen Holz auf chemischem Wege Wasser zu bilden, indem er Zellulose und andere Membranstoffe veratmet. Ähnlich scheint sich nach obigen Zahlen der *Polyporus igniarius* zu verhalten.

ad 2. Die Zusammensetzung der Mineralstoffe, die aus einer großen Zahl von Aschenanalysen hervorgeht,² ist bei fleischigen Pilzen eine ziemlich gleichartige, und zwar stimmt sie im wesentlichen mit den Befunden bei den chlorophyllarmen Phanerogamen überein. Stets sind K und PO₄ die Hauptbestandteile der Asche. Der Kalkgehalt ist in der Regel gering, öfters kleiner als der Gehalt an Mg. Na ist stets nur in kleinen Mengen vorhanden; gegenteilige Angaben, wie die Cailletet's,³ sind unwahrscheinlich und einer Nachprüfung bedürftig. Möglicherweise finden sich bei Dungpilzen (Gasteromyceten, Coprinusarten u. dgl.) größere Mengen von Na. Eisen ist immer vorhanden, oft aber in sehr geringer Menge. Auch Cl und SiO₂ sind meist nur im geringen Ausmaß zu finden, SO₃ in normaler Quantität.

Bekanntlich haben die an niedrigen Pilzformen (Schimmeln) vorgenommenen Kulturversuche ergeben, daß zu den lebenswichtigen Nährstoffen der Pilze K, P, Mg, Fe und S gehören, während Ca nicht unbedingt erforderlich erscheint. Auch sollen Mn, Si, Cu und Zn die Entwicklung einzelner Pilzarten (*Aspergillus*) günstig beeinflussen.⁴ Aus den Analysen der in der Natur vorgefundenen Pilze läßt sich natürlich nicht ersehen, welche Stoffe lebenswichtig sind; aber das eine ist doch sicher, daß dem K und P eine besondere, dem Kalk dagegen nur eine untergeordnete Bedeutung zukommt. Was die in kleinen Mengen vorkommenden Elemente anlangt, so ist zu bemerken, daß wohl in den meisten der vorliegenden Analysen auf die in Spuren vorkommenden Stoffe keine Rücksicht genommen wurde. Eine Ausnahme machen die Analysen der Asche des *Cantharellus cibarius* von Fritsch.⁵ Es ist sehr wahrscheinlich, daß man Mangan in Pilzaschen häufiger finden wird, als es nach dem bisherigen Analysenmaterial den Anschein hat. Das spurenweise Vorkommen von Zink und Kupfer dürfte wohl nur ein zufälliges, pflanzenchemisch bedeutungsloses sein.

Dabei ist zu bemerken, daß die Beschaffenheit des Substrats keinen merklichen Einfluß ausübt, da verschiedene Pilze auf Humus, Holz, Mist und anderen Substraten große Übereinstimmung in der Aschenzusammensetzung zeigen, soferne sie nur fleischiger Beschaffenheit sind. Andere Verhältnisse scheinen bei holzigen und lederigen Formen vorzuliegen. Von solchen sind bisher nur spärliche

¹ C. Mez, Der Hausschwamm, p. 190 ff. Dresden 1908.

² Siehe J. Zellner, Chemie der höheren Pilze, p. 3 ff. Leipzig 1907.

³ L. Cailletet, Chem. Zentralblatt. 1876, p. 486.

⁴ Siehe Czapek, Biochemie der Pflanzen, II., 348 ff. (1920).

⁵ Fritsch, Archiv der Pharm., 227, p. 193, 1889.

Angaben gemacht worden, und zwar von *Polyporus officinalis* (Schmieder¹ und Zopf²), von *Trametes suaveolens* und *Polyporus igniarius* (Zellner³). Daher schienen einige Aschenanalysen notwendig.

Tabelle II.

	<i>Polystichus microloma</i> (Lévièr), gesammelt von E. Sikora auf Baumstrünken unbekannter Art in Madagaskar; bestimmt von Bresadola	<i>Polyporus fomentarius</i> L. auf Buchen, Pilsko in den polnischen Beskiden	<i>Polyporus borealis</i> Aussee, Steiermark	<i>Auricularia mesenterica</i> Fr. Aussee, Steiermark
Gesamtasche im wasserfreien Material	1·29 ⁰ / ₁₀	3·55 ⁰ / ₁₀	11·25 ⁰ / ₁₀	3·13 ⁰ / ₁₀
K ₂ O	23·12	25·22	56·59	20·23
Na ₂ O	12·29	0·40	Spuren	Spuren
Mg O	8·33	7·72	4·61	8·04
Ca O	12·32	28·06	1·65	29·88
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃	3·35	1·21	1·34	11·51
Mn ₃ O ₄	0·55	0·68	0·31	Spuren
Cl	10·55	0·36	0·57	0·28
SO ₃	4·69	20·87	2·30	2·45
P ₂ O ₅	18·65	2·62	23·93	7·24
Si O ₂	6·83	2·35	1·09	15·26
CO ₂	1·76	11·31	4·38	4·49
C	—	—	3·87	0·81
Zusammen ...	102·44	100·80	100·64	100·19
Der dem Chlor entsprechende Sauerstoff	2·38	0·08	0·13	0·07
Summe ...	100·06	100·72	100·51	100·12

¹ J. Schmieder, Archiv der Pharm., 224, p. 642, 1886.

² Zopf, Die Pilze. 1890.

³ J. Zellner, Monatshefte für Chemie, 29, p. 46 und 1172, 1907.

Hier bietet sich ein wesentlich anderes und weniger einheitliches Bild. Im allgemeinen ist die Gesamtasche beträchtlich niedriger als bei fleischigen Formen. Das K tritt seiner Menge nach zurück, der Kalk hervor, P_2O_5 zeigt mittlere Werte. Daneben beobachtet man mitunter eine bemerkenswerte Anhäufung von nicht allgemein verbreiteten Mineralsalzen, so z. B. $CaSO_4$ bei *Trametes suaveoleus*, *Polyporus igniarius* und *fomentarius* (in diesen Pilzen direkt im Saft nachgewiesen). *Polyporus borealis* zeigt abweichend von den übrigen Arten in der Zusammensetzung seiner Asche Übereinstimmung mit den fleischigen Pilzen.

Sehr auffallend ist die Zusammensetzung von *Polystictus microloma* durch den ganz ungewöhnlichen Kochsalzgehalt. In der unmittelbaren Nähe des Meeres dürften die Pilze nicht gewachsen sein, da nach mündlicher Mitteilung des Herrn Kustos Dr. Karl Reching er Baumpilze in Meeresnähe nicht zu gedeihen pflegen. Ein absichtlicher Zusatz von NaCl zur Konservierung oder die Annahme, daß das Material auf der Reise havariert sei, ist nicht wahrscheinlich, da einerseits der Gesamtschengehalt sehr niedrig ist, andererseits man doch Spuren von Kochsalz auf der Oberfläche des Pilzes hätte finden müssen, was trotz sorgfältiger Untersuchung auf mikroskopischem Wege nicht gelang. Der Pilz scheint tatsächlich NaCl zu speichern.

Im allgemeinen kann man sagen, daß die Pilze reich sind an wasserlöslichen Mineralstoffen, so daß das Verhältnis Extraktasche zu Gesamtasche ein hohes ist. Dies gilt auch für die holzigen Pilze. Bei allen angeführten Analysen wurden nur die Fruchtkörper in Betracht gezogen. Bei den Mycelien scheinen die Verhältnisse anders zu sein, wenn man aus der einzigen Analyse bei *Merulius lacrimans* Schlüsse ziehen darf. Dort findet sich nämlich eine Anhäufung von Fe, Al und Ca in Form ihrer Phosphate.¹

ad 3. Eine Besprechung der organischen Stoffe, soweit sie für die Pilze charakteristisch sind, kann hier unterbleiben, da in dieser Richtung kein neues Material gesammelt wurde und da diesbezügliche Einzelheiten sich in der Zellner'schen Schrift: »Chemie der höheren Pilze« zusammengestellt finden.

ad 4. Aus den bisherigen Beobachtungen der Physiologen geht hervor, daß der osmotische Druck der Pflanzensäfte höher ist als der jener Lösungen, aus denen sie die Nährstoffe entnehmen (Bodenflüssigkeiten, Nährlösungen, Süß- und Meerwasser). Dadurch wird die Wasserzufuhr sichergestellt. Derartige Untersuchungen sind besonders bei verschiedenen Schimmelpilzen, wie auch an höheren Wasserpflanzen vorgenommen worden. Da nun wenigstens bei den fleischigen Formen ein höherer Wassergehalt festgestellt ist, muß, um in so wasserreichen Säften den erforderlichen osmotischen Druck hervorzubringen, eine Anhäufung krystallinischer, osmotisch wirk-

¹ Göppert-Poleck, Der Hausschwamm. Breslau 1885, p. 22.

samer Stoffe stattfinden. Das ist eine bei fleischigen Wurzeln und Früchten bekannte Erscheinung. Analytisch kommt dies dadurch zum Ausdruck, daß das Verhältnis von wasserlöslicher zu wasserunlöslicher Substanz sich vergrößert, wenn der Wassergehalt steigt. Bei holzigen, lederigen und sonstigen trockenen Pilzformen wird diese Verschiebung weniger deutlich hervortreten. Diese Anschauung ließe sich am einfachsten durch direkte Bestimmung des osmotischen Druckes der Pilzsäfte und Substratflüssigkeiten bewahrheiten. Die direkte Bestimmung ist bisher an experimentellen Schwierigkeiten gescheitert, deren größte darin besteht, aus den relativ trockenen Substraten (Holz, Humus u. dgl.) Preßsäfte zu gewinnen.

Ein gewisser Einblick in diese Verhältnisse läßt sich indessen auf chemisch-analytischem Wege erzielen, indem die Wassergehalte und die Prozentsätze der osmotisch wirksamen Stoffe bestimmt und daraus die ursprünglichen Konzentrationen berechnet werden. Die Mängel, die diesem Verfahren anhaften, liegen auf der Hand; sie bestehen in den zweifellos auftretenden stofflichen Änderungen bei der Extraktion, namentlich aber darin, daß unbekannt bleibt, wie groß die Wassermenge ist, die nicht in den Zellsäften, sondern in den gequollenen Proteiden, Kohlehydraten und in den Wandungen des Zellgerüsts imbibiert enthalten ist, und weiters, ob alle durch den Prozeß in Lösung gebrachte Substanzen auch in der lebenden Pflanzenzelle in gelöster Form vorhanden seien. Daher können die so gewonnenen Zahlen nur eine vorläufige Orientierung bilden.

Bei den folgenden analytischen Untersuchungen wurde der Wassergehalt ($= w$) des betreffenden Materials im frischen Zustand und der Prozentgehalt ($= p$) der einzelnen osmotisch wirksamen Stoffe in der Trockensubstanz bestimmt. Unter den gewiß nicht zutreffenden, aber vorläufig nicht zu umgehenden Voraussetzungen, daß alle in Lösung gebrachte Substanz auch im ursprünglichen Material gelöst vorkommt und daß das gesamte Wasser als Zellsaft vorhanden ist, kann man die Konzentration ($= c$) berechnen. Es ist nämlich, wie eine einfache stöchiometrische Überlegung zeigt:

$$c = \frac{(100 - w) p}{w}.$$

Diese Werte sind in den folgenden Tabellen unter den mit c bezeichneten Werten angegeben. Von der Wiedergabe aller Analysendaten haben wir der Kürze halber abgesehen und nur die Resultate angegeben.

Analytisches. Das feingemahlene, etwa 20 g Trockensubstanz entsprechende Material wird mit heißem Wasser erschöpft und die Auszüge auf 1 l gebracht. In 100 cm³ der klar filtrierten Flüssigkeit wird die Trockensubstanz und die Extraktasche, in 300 cm³ nach dem Einengen der Stickstoff nach Kjeldahl ermittelt; in weiteren 300 cm³ werden die Gesamtsäuren auf folgende Art bestimmt: Die Lösung wird mit frisch gefälltem und gut gewaschenem Pb(OH)₂ versetzt, wobei die Pflanzen-

säuren und von den anorganischen Säuren Schwefel- und Phosphorsäure ausfallen. Nun wird mit kaltem Wasser gut gewaschen, der Niederschlag mit H_2S zerlegt und das Filtrat von PbS , nachdem der überschüssige H_2S durch einen Luftstrom verjagt ist, filtriert. Fehler entstehen, wenn erhebliche Mengen SO_4 und Cl anwesend sind, im ersten Falle dadurch, daß das $PbSO_4$ durch H_2S schwer zerlegt wird, im zweiten Falle deshalb, weil sich $PbCl_2$ beim Waschen wieder löst (Hypholoma). Man bestimmt in solchen Fällen SO_4 und Cl in getrennten Proben gewichtsanalytisch und fügt die daraus berechnete KOH -Menge dem Gesamtwerte hinzu. Gerbsäuren, falls solche ausnahmsweise vorhanden sind, werden bei der Entbleiung fast quantitativ durch das PbS niedergerissen, so daß ihre Anwesenheit keinen wesentlichen Fehler bedingt.

Im Filtrat vom $Pb(OH)_2$ -Niederschlag wird das Pb durch Soda entfernt und in einem aliquoten Teil der gemessenen Flüssigkeit der reduzierende Zucker nach Allihn bestimmt. Gerbstoffe werden nach der sogenannten offiziellen Methode,¹ Mannit nach dem von Zellner² angegebenen Verfahren in besonderen Teilen des Materials ermittelt.

Tabelle IIIa.

	<i>Polyporus igniarius</i> Fr.		Lebendes, vom Pilz stark angegriffenes Holz einer noch lebenden Eiche		Gesundes Eichenholz eines in unmittelbarer Nähe stehenden Baumes	
Wasser im frischen Material	55·55		70·01		39·38	
	in der Trocken- substanz	<i>c</i>	in der Trocken- substanz	<i>c</i>	in der Trocken- substanz	<i>c</i>
Wasserlösliche Stoffe ...	4·85	3·88	3·34	1·43	8·01*	12·32
Lösliche Mineralstoffe ..	0·98	0·78	0·40	0·17	0·69	1·06
Reduzierender Zucker ...	Spuren	—	0·00	—	0·38	0·59
Löslicher Stickstoff	0·12	0·09	0·08	0·03	0·07	0·11
Gesamtsäuren als KOH ..	0·45	0·36	0·10	0·04	0·26	0·40
Gerbstoffe	0·00	—	0·00	—	4·10	6·31

* Der hohe Trockensubstanzgehalt rührt größtenteils von Stärke her, die, wie das mikroskopische Bild zeigt, in Körnerform in den Markstrahlen abgelagert und natürlich osmotisch ganz belanglos ist.

Die Konzentrationen der löslichen Stoffe, soweit sie quantitativ bestimmt wurden, liegen beim Pilz sämtlich höher wie im befallenen Holz, während das gesunde Holz höhere Konzentrationen zeigt.

¹ Kollegium 1909.

² J. Zellner, Monatshefte für Chemie, 35, 356, 1914.

Tabelle III b.

	<i>Polyporus hirsutus</i> Fr.		<i>Alnus incana</i> Stamm noch aufrecht, aber tot	
Wasser im frischen Material..	78·55		60·93	
	in der Trocken- substanz	<i>c</i>	in der Trocken- substanz	<i>c</i>
Wasserlösliche Stoffe.....	20·31	5·54	7·21	4·62
Lösliche Mineralstoffe	3·00	0·82	0·63	0·40
Reduzierender Zucker	1·08	0·29	0·00	—
Löslicher Stickstoff.....	0·12	0·03	0·16	0·10
Gesamtsäuren als KOH.....	0·62	0·17	0·09	0·06
Gerbstoffe	—	—	—	—

Fast alle Konzentrationswerte liegen beim Pilz höher wie bei dem befallenen Holze.

Tabelle III c.

	<i>Russula alutacea</i> A. S.		Fichtenwaldhumus, auf dem <i>Russula alutacea</i> wuchs	
Wasser im frischen Material..	90·23		48·87	
	in der Trocken- substanz	<i>c</i>	in der Trocken- substanz	<i>c</i>
Wasserlösliche Stoffe.....	37·63	4·06	3·50	3·66
Lösliche Mineralstoffe	6·92	0·75	0·25	0·26
Reduzierender Zucker	Spuren	—	0·00	—
Löslicher Stickstoff.....	1·54	0·16	0·09	0·09
Gesamtsäuren als KOH.....	3·22	0·35	0·06	0·06
Mannit.....	8·21	0·88	0·00	—
Gerbstoffe	—	—	—	—

Alle Konzentrationswerte sind beim Pilz höher wie beim Substrat; dies fällt namentlich bei den Mineralstoffen und Säuren ins Gewicht.

Tabelle III d.

	<i>Hypholoma fasciculare</i> Huds.		Befallene, aber noch intakt erscheinende Wurzel eines Fichten- strunkes	
Wasser im frischen Material..	90·22		38·66	
	in der Trocken- substanz	<i>c</i>	in der Trocken- substanz	<i>c</i>
Wasserlösliche Stoffe.....	42·02	4·55	7·11	11·28
Lösliche Mineralstoffe	6·87	0·74	0·05	0·08
Reduzierender Zucker	Spuren	—	0·00	—
Löslicher Stickstoff.....	1·88	0·20	0·05	0·08
Gesamtsäuren als KOH.....	3·64	0·39	0·28	0·45
Mannit.....	1·60	0·17	0·00	—
Gerbstoffe	0·00	—	0·00	—

Die Konzentration des Gesamtextraktes ist größer im Substrat als im Pilz, dagegen ist die der osmotisch wirksamen Stoffe weit vermehrt. Insbesondere fällt auf, daß die Mineralstoffe in neunmal größerer Konzentration im Pilz auftreten wie in der Fichtenwurzel.

Es läßt sich noch ein anderer Weg einschlagen, um die osmotischen Verhältnisse aufzuklären, freilich auch nur unter den obigen, nur für eine ungefähre Beurteilung ausreichenden Voraussetzungen. Man erschöpft das Material mit heißem Wasser, bringt den Auszug auf ein bestimmtes Volumen, ermittelt in einem aliquoten Teil den Gehalt an gelösten Stoffen, dampft eine größere gemessene Menge der Flüssigkeit ein und bringt durch Wasserzusatz auf jene Konzentration, die sich aus dem ursprünglichen Wassergehalt und der Extraktmenge berechnet und die unter den früher erwähnten Voraussetzungen gleich derjenigen des natürlichen Pilzsaftes sein soll. In dieser Flüssigkeit bestimmt man die Gefrierpunktserniedrigung gegenüber reinem Wasser. Tabelle IV zeigt die derart ermittelten Werte.

Endlich wurden von einer Reihe fleischiger Pilze Gefrierpunktserniedrigungen direkt in dem Preßsaft ermittelt. Gleichzeitig wurde im Saft die Konzentration der gesamten festen Stoffe, wie auch der Mineralstoffe festgestellt.

Aus den Gefrierpunktserniedrigungen wurden die entsprechenden osmotischen Drucke in Atmosphären nach der Formel $p = \frac{10 RT}{K} \Delta$

und die Konzentrationen der isotonen Lösungen von Mannit und KNO_3 , bei letzterer unter Voraussetzung vollständiger Dissoziation, berechnet (siehe Tabelle V).

Tabelle IV.

	<i>Daedalea quercina</i> Pers.	Vermordertes Eichenholz	<i>Photiotia mutabilis</i> Schaeff.	Vermordeter Buchenstamm
1. Wassergehalt des frischen Materials	52·10	31·30	92·99	68·44
2. Trockensubstanzmenge, deren Auszüge auf 1 l gebracht wurden	25·003	22·798	9·49	14·76
3. Wasserlösliche Stoffe in Prozent der Trockensubstanz	6·12	12·44	43·86	7·67
4. Wasserlösliche Mineralstoffe in Prozent der Trockensubstanz	0·49	0·47	7·31	0·62
5. Berechnete Konzentration des ursprünglichen Pilzsaftes	5·62	27·30	3·30	3·53
6. Berechnete Konzentration der Mineralstoffe im ursprünglichen Pilzsaft	0·45	1·03	0·54	0·29
7. Gefrierpunktserniedrigung der eingeeengten und nach 5 durch Wasserzusatz korrigierten Extraktionsflüssigkeit	0·44°	0·49°	0·43°	0·18°
8. Der aus 7 berechnete osmotische Druck in Atmosphären	5·12	5·69	5·00	2·09

Aus den Tabellen III *a* bis *d* und IV geht hervor, daß in der weitaus größeren Mehrzahl der Fälle die Konzentrationen der osmotisch wirksamen Stoffe bei den Pilzen größer sind wie bei ihren Substraten.

Die Ergebnisse der Tabellen IV und V entsprechen, abgesehen von der abnormal hohen Gefrierpunktserniedrigung bei *Armillaria mellea*, deren Bestimmung infolge der hohen Konzentration begrifflicherweise nicht eindeutig scharf war, weshalb aus fünf Versuchen das Mittel gewählt wurde, nicht den Voraussetzungen, und zwar deshalb nicht, weil die Erniedrigungswerte für den Gefrierpunkt in beiden Tabellen wesentlich höher liegen, als sich aus den analytischen Daten ableiten läßt. Die Trockensubstanz der in Betracht kommenden Pilzsaft besteht zum großen Teil aus kolloiden Körpern (hochmolekularen Kohlehydraten und Proteiden), die für den osmotischen Druck fast ohne Fehler zu vernachlässigen sind; ferner aus organischen Körpern krystalloider Natur (Mannit, Traubenzucker,

organischen Säuren und deren Salzen, Aminosäuren und deren Amiden) sowie aus Mineralstoffen. Für die Gefrierpunktniedrigung kommen hauptsächlich die Mineralstoffe in Betracht; daneben dürften noch die Pflanzensäuren und deren Salze einen meßbaren Einfluß ausüben, während die übrigen genannten Körper in so geringer Menge vorhanden sind, daß eine merkliche Gefrierpunktniedrigung durch sie kaum veranlaßt werden könnte. Vergleicht man nun die Aschengehalte mit den errechneten Konzentrationen der isotonen KNO_3 -Lösung, so findet man, daß die Konzentration der Asche, falls sie einheitlich aus Salpeter bestünde, drei- bis fünfmal so groß sein sollte, als sie tatsächlich ist.

Tabelle V.

Untersuchte Pilzsäfte von	Gefrierpunkts- erniedrigung = Δ	Trockensubstanz in Prozent des Preß- saftes	Asche in Prozent des Preßsaftes	Aus Δ berechneter osmotischer Druck in Atmosphären	Konzentration der isotonen Mannit- lösung	Konzentration der isotonen KNO_3 - Lösung
<i>Amanita muscaria</i> L.	0.74°	5.12	0.39	8.73	5.92	1.97
<i>Armillaria mellea</i> Vahl. ..	1.61	11.23	1.09	18.95	12.88	4.23
<i>Lactarius deliciosus</i> L. ..	0.70	3.65	0.36	8.25	5.60	1.86
» <i>vellerens</i> Fr. ..	0.68	4.57	0.35	8.02	5.44	1.81
» <i>scrobiculat.</i> Scop.	0.26	1.78	0.20	3.07	2.08	0.69
<i>Pholiota destruens</i>	0.30	3.22	0.43	3.54	2.40	0.80
» <i>squarrosa</i> Müll. .	0.36	1.91	0.20	4.25	2.88	0.96
<i>Hypholoma fascicul.</i> Huds.	0.76	5.07	0.56	8.96	6.08	2.02

Zur Erklärung dieser auffallenden Tatsache lassen sich folgende Annahmen heranziehen:

1. daß die Säfte flüchtige, niedrig molekulare Stoffe (NH_4 und Aminbasen) enthalten, die beim Eindampfen für die Analyse verloren gehen. Auch könnte CO_2 in den ursprünglichen Säften enthalten oder bei den Manipulationen des Abpressens und Kolierens aus der Luft in diese gelangt sein. Was die erste Annahme betrifft, so ist zu bemerken, daß die Pilzsäfte, wie die meisten Pflanzensäfte sauer reagieren und daß Aminbasen mitunter vorhanden, aber immer nur in äußerst geringen Mengen nachweisbar sind. Das letztere gilt wohl auch für die freie CO_2 , wie für andere flüchtige Säuren;

2. daß die organischen Säuren bei der Veraschung zerstört werden, wodurch natürlich eine erhebliche Verminderung der osmotisch wirksamen Stoffe platzgreift. Dabei ist allerdings die Ein-

schränkung zu machen, daß für diese Verminderung der Gefrierpunktserniedrigung wesentlich nur die freien Säuren, beziehungsweise bei sauren Salzen die freien Carboxylgruppen in Betracht kommen. Zweifellos spielt dieser Umstand eine nicht unbedeutende Rolle. Doch ergibt die Rechnung, wenn man die Gefrierpunktserniedrigung auf Oxalsäure bezieht, so große Konzentrationen für die freie Säure, wie sie in der Natur niemals beobachtet wurden. Beide Annahmen reichen also nicht aus, um die großen Differenzen zwischen den durch die Analyse zu erwartenden und den tatsächlich beobachteten Werten zu erklären.

Um aus diesen Widersprüchen herauszukommen, bliebe vielleicht noch folgende Annahme übrig. Der Pilzsaft ist infolge seines Protoplasmagehaltes keine homogene Flüssigkeit und der Teil der eigentlichen Lösung enthält neben den krystalloiden Stoffen auch erhebliche Mengen kolloider Kohlehydrate. Es wäre nun denkbar, daß das in einer Art Gelzustand befindliche Protoplasma sowie die hochmolekularen Kohlehydrate als Sole größere Mengen Wasser in Hydratform an sich binden, so daß für die eigentliche Lösung nur ein Teil des Wassers in Betracht kommt, daß also deren Konzentration und osmotischer Druck höher sind, als sich aus der Bestimmung des gesamten Wassers berechnet. Im Zusammenhang damit steht wahrscheinlich auch das mikroskopische Bild der lebenden Pilzhyphenzellen, welche nicht, wie man es sonst bei wasserreichen Geweben zu beobachten gewohnt ist, abgegrenzte Safräume erkennen lassen, sondern sich von einer gleichmäßig erscheinenden Protoplasmamasse erfüllt zeigen. Dabei wurde die auffallende Erscheinung beobachtet, daß es selbst bei hohen Salpeterkonzentrationen nicht gelang, Plasmolyse hervorzurufen; derartige Versuche waren unternommen worden, um den osmotischen Druck noch auf andere Weise zu bestimmen, mußten aber als ergebnislos aufgegeben werden. Freilich müßte die Annahme gemacht werden, daß ein sehr großer Teil des vorhandenen Wassers (bis $\frac{4}{5}$) als Hydrat- und Quellungswasser von den Kolloiden beansprucht würden. Das Paradoxe dieser Meinung wird aber dadurch gemindert, wenn man erwägt, daß das Quellungsvermögen dieser Stoffe überaus groß ist und daß die Pilzsäfte häufig eine viskose Beschaffenheit zeigen.

Hydratbildung ist auch bei krystallinischen Stoffen, z. B. Rohrzucker zur Erklärung der Abweichungen des osmotischen Druckes von Lord Berkeley und Callendar¹ herangezogen worden. Freilich handelt es sich dabei um große Konzentrationen und relativ geringe Änderungen des osmotischen Druckes. Da nach Zellner's² Angabe manche getrocknete Pilze unter Quellung das elf- bis zwölf-

¹ Zitiert bei Findley, Der osmotische Druck; deutsch von Szivessi. p. 48 ff. Dresden 1914.

² J. Zellner, Über *Exidia auricula Judae*. Monatshefte für Chemie, 38, 320 (1917). — Über *Polysaccum crassipes* D. Monatshefte für Chemie, 39, 610 (1918).

fache ihres Gewichtes¹ an Wasser aufnehmen können, was auf deren hohen Gehalt an Viskosin zurückzuführen ist, weiters schon eine zweiprozentige Lösung des gereinigten Viskosins sehr große Viskosität zeigt, dürfte wohl eine große Wasserbindung erklärlich sein. Und Viskosin und ähnliche Stoffe kommen in Pilzen häufig und oft in erheblichen Mengen vor. Eine weitere Untersuchung, welche die Zulässigkeit dieser Hypothese prüfen soll, möchten wir uns vorbehalten.

ad 5. Bezüglich der Stickstoffverbindungen wurden keine neuen Versuche angestellt, da von Seite der Nahrungsmittelchemie bereits ausreichendes Material zu dieser Frage beigebracht wurde.² Aus den veröffentlichten Daten geht hervor, daß bei den Pilzen ein sehr erheblicher Anteil des Gesamtstickstoffs nicht in eiweißartiger Bindung vorliegt, sondern in Form von Aminosäuren, Säureamiden, kleinen Mengen Cholin und ähnlicher Basen, wie auch geringer Quantitäten von Nitraten. Man kann annehmen, daß der sogenannte Extraktstickstoff 20 bis 37 % des Gesamtstickstoffs ausmacht.

Durch die vorausgegangenen Darlegungen glauben wir den Nachweis erbracht zu haben, daß die eingangs angeführten, für die chlorophyllarmen Phanerogamen aufgestellten Regelmäßigkeiten physikalischer und chemischer Art in ausgeprägter Weise auch für die höheren Pilze gelten. Sie sind also Charakteristika aller des Chlorophylls völlig oder größtenteils entbehrenden Gewächse.

II.

Wie bereits eingangs erwähnt, konnten wir vorläufig nicht alle ernährungsphysiologischen Typen von Pilzen in den Kreis unserer Untersuchungen ziehen. Die folgenden Zeilen enthalten bloß Beobachtungen an holzbewohnenden Pilzen. Die tiefgreifenden Zersetzungs Vorgänge, die sich dabei häufig am lebenden und toten Holze vollziehen, haben außer dem wissenschaftlichen auch praktisches Interesse und wurden daher von botanischer Seite mehrfach mikroskopisch studiert.³ Chemische Untersuchungen dieser Vorgänge sind unseres Wissens nur bezüglich der Mineralstoffe unternommen worden.

Von vornherein mußte angenommen werden, daß die Stoffentnahme, soweit sie organische Stoffe betrifft, nur auf dem Wege der Osmose stattfinden kann, daß daher nur niedriger molekulare,

¹ Vgl. C. R. Smith, Chem. Zentralblatt, 1921, II, p. 1167.

² Vgl. König, Die menschlichen Nahrungs- und Genussmittel, 3. Aufl., 1893, II, 15 ff. — Mörner, Zeitschr. für physiol. Chemie, 10, 503 (1886).

³ z. B. Hartig, Wichtige Krankheiten der Waldbäume. Berlin 1876; derselbe, Zersetzungserscheinungen des Holzes. Berlin 1876; derselbe, Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten. Berlin 1900. — Sorauer, Handbuch der Pflanzenkrankheiten, 3. Aufl. Berlin 1906.

krystalloide Körper in Betracht kommen. Eine wenigstens scheinbare Ausnahme dürfte in solchen Fällen auftreten, in denen große Mengen phlobaphen- oder harzartiger Stoffe vom Pilz aufgenommen werden. In solchen Fällen ließe sich der Transport durch die Zellwand auf zweierlei Weise deuten: entweder in der Art, daß die erwähnten Stoffe in feinsten Verteilung als Emulsion, zu deren Bildung sie erfahrungsgemäß befähigt sind, hindurchwandern oder daß sie durch Glukosidbildung in den wasserlöslichen, diffusionsfähigen Zustand übergehen, im Pilz (unter chemischer Veränderung) aus der Glukosidbindung losgelöst und unlöslich abgelagert werden. In solchen Fällen handelt es sich nicht um eigentliche Nährstoffe. Für diese muß wohl das eingangs Gesagte Geltung behalten. Die organisierten Substrate enthalten nur wenig krystalloide Stoffe; daher muß ein Abbau der Kolloide vorausgehen. Das ist nun auf zweierlei Weise denkbar: entweder scheidet der Pilz in das betreffende Substrat hinein Fermente ab, die den Abbau bewerkstelligen oder aber er entzieht nur die geringen Mengen krystalloider Körper und der befallene Organismus selbst ist genötigt, um sein stoffliches Gleichgewicht zu erhalten, entsprechende Mengen kolloider Substanzen abzubauen. Das letztere ist natürlich nur bei lebenden Substraten möglich. Daß der Auf- und Abbau hochmolekularer Stoffe, wie Stärke, Proteinkörper usw. in der lebenden Pflanze sehr leicht von statten geht, ist ja bekannt.

Es war zunächst mit Rücksicht auf den Umstand, daß die holzbewohnenden Pilze in ihrer überwiegenden Zahl saprophytisch auf totem Substrat leben und daher der letztgenannte Fall der Stoffentnahme zunächst außer Frage blieb, vorzugsweise das Vorkommen von Fermenten zu studieren. Bekannt ist ja durch die Untersuchungen von Kohnstamm¹ und Zellner,² daß die holzbewohnenden Pilze Diastasen in oft auffälliger Menge, wie auch Maltasen und Glukosidasen enthalten.

Versuche, Tannasen nach der Methode von Freudenberg und Peters im Mycel der *Armillaria mellea* nachzuweisen, verliefen ergebnislos. Im übrigen ergibt die Untersuchung von Hölzern, die durch Pilzwirkung hochgradig angegriffen waren, daß die Menge der aufgebrauchten Membranstoffe sehr viel größer ist als jene der löslichen oder wie Stärke leicht abbaufähigen Holzbestandteile. Unsere Bemühungen waren daher hauptsächlich darauf gerichtet, die Existenz zelluloselösender und ligninspaltender Fermente nachzuweisen. Es ist, soviel uns bekannt ist, bisher nicht mit Sicherheit gelungen, Zytasen auf makrochemischem Wege nachzuweisen. Die vermeintliche Anwesenheit zellstofflösender Fermente wurde bisher nur mikroskopisch³ oder bakteriologisch⁴ festgestellt. Andererseits

¹ Kohnstamm, Bot. Zentralblatt, X, Beiheft, p. 90, 1901.

² Zellner, Monatshefte für Chemie, 30, 231 und 655, 1909.

³ Brown und Morris, zitiert bei Green und Windisch, Die Enzyme, p. 90 ff. Berlin 1901.

⁴ H. Pringsheim, Die Polysaccharide, p. 23 ff. Berlin 1919.

nimmt Czapek¹ mit Recht an, daß für den Abbau des Holzes der Pilz mehrere Fermente braucht, und zwar ein die aromatischen, in Esterbindung befindlichen Substanzen abspaltendes (Hadromase), ein die Zellulose verzuckerndes (Zytase) und ein die Pentosane hydrolysierendes. Während also von vornherein die Anwesenheit mehrerer und — nach der Größe der Wirkung zu schließen — sehr kräftiger Enzyme zu erwarten war, sei gleich im Vorhinein bemerkt, daß alle unternommenen Versuche, Enzyme nachzuweisen, die Zellulose oder Holzsubstanzen zu hydrolysieren vermögen, in Übereinstimmung mit Ergebnissen älterer Versuche anderer Autoren vollkommen negativ verliefen.² Doch dürfte eine kurze Skizzierung der Arbeitsweise gerechtfertigt sein, um künftigen Bearbeitern dieses Gegenstandes eine Reihe zweckloser Versuche zu ersparen.

Als Substrat für alle Versuche dieser Art diente gesundes Eichenholz, das auf folgende Art vorbehandelt wurde. Kleingespaltenes Holz wurde durch eine Grobmühle getrieben und hierauf solange mit heißem Wasser ausgekocht, bis sich das Wasser nicht mehr färbte. Das getrocknete Material wurde dann durch eine Feinmühle geschickt und neuerlich wiederholt ausgekocht. Ein Auskochen bis zur Gewichtskonstanz ist nicht möglich, da siedendes Wasser in geringem Maß zersetzend auf Holz einwirkt. Das getrocknete Material wurde dann von den gröberen Bestandteilen durch ein engmaschiges Sieb, von den staubartigen Teilchen durch Schütteln in einem Seidenzeug getrennt, um es nach Möglichkeit gleichartig zu machen. Eingewogen wurde das lufttrockene Material, dessen Feuchtigkeit zu Beginn eines jeden Versuches neuerlich bestimmt wurde. Gleichzeitig wurde mit jedem Versuch, bei dem Holz als Substrat diente, unter denselben Bedingungen ein solcher mit Natronzellstoff angesetzt, der ebenfalls vorher ausgekocht und zerfasert worden war.

Die Zellulasen wurden in folgenden frischen Schwämmen sowohl in den Fruchtkörpern, wie auch im Mycel gesucht: *Polyporus igniarius*, *P. hirsutus*, *Trametes suaveolens*, *Leuzites sepiaria* und *Armillaria mellea*. Da bei allen behandelten Pilzen mit Ausnahme der *Armillaria mellea* das Mycel zu klein ist, um leicht gefaßt werden zu können, wurde das vom Pilz befallene Holz verwendet. Ungefähr 30 g des zerkleinerten Materials, dessen Wassergehalt in einer anderen Probe ermittelt worden war, wurde mit soviel Wasser übergossen, daß das Gewichtsverhältnis von Trockensubstanz zu Wasser 1 : 10 betrug. Diese Mischung wurde mit wenig Toluol oder Benzin überschichtet und blieb 24 Stunden bei gewöhnlicher Temperatur sich selbst überlassen; dann wurde sie abgepreßt und der trübe Saft durch ein Faltenfilter rasch filtriert.

Für jeden Versuch wurden vier kleine Kölbchen von 50 cm³ Inhalt verwendet. In die Kölbchen A und B wurden je zirka 2 g des vorerwähnten Holzes, in C und D je 2 g Natronzellstoff eingewogen. Sodann wurden alle vier mit je 50 cm³ des filtrierten Pilzsaftes beschickt. B und D kamen zur Tötung des Ferments 30 bis 40 Minuten lang in ein gutsiedendes Wasserbad. Nach deren Abkühlung wurden

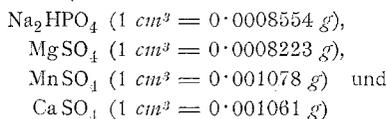
¹ Czapek, Biochemie der Pflanzen, I, 375, 1913.

² Vgl. hierzu Kohnstamm, Beihefte zum bot. Zentralbl., 10, 116 (1901), und Euler, Zeitschr. für angew. Chemie, 25, 250 (1912).

alle vier mit Benzin (Toluol) überschichtet, mit Watte verstopft und blieben 1 bis 2 Wochen lang unter oftmaligem Aufschütteln sich selbst überlassen. Dann wurde das Holz auf einem gewogenen Filter gesammelt, tüchtig mit heißem Wasser gewaschen, bei 105° getrocknet und gewogen. Aus dem bekannten Feuchtigkeitsgehalt ließ sich ermitteln, wieviel Holz im Leerversuch, d. h. in *B* und *D* sein sollte. Der Fehlbetrag wurde proportional vom Trockengewicht der Kolbenbeschickung *A* und *C* abgezogen und sollte so die Einwirkung des Ferments durch den Unterschied in den berechneten und gefundenen Werten zu erkennen geben. Gefunden wurden auf diese Art bei wiederholten Versuchen Verluste von 0·9 bis 1·3 0/10 der Trockensubstanz in *A* und *C*, Beträge, die bei der Unvollkommenheit der Methode leicht in deren Fehlergrenze fallen können. Außerdem hätte doch die Einwirkung im Vergleich mit dem Wuchern des lebenden Pilzes eine bedeutend stärkere sein müssen.

Da der Gedanke nahelag, daß vielleicht Wasser nicht das geeignete Lösungsmittel für das Ferment wäre, worauf eine frühere Beobachtung Zellner's¹ aufmerksam machte, wurde die Extraktion mit 1 0/10 und 2 0/10 Kochsalzlösung, mit einer 1 0/10 MgSO₄- und 0·5 0/10 CaSO₄-Lösung, sowie mit Glycerin—Wassergemischen selbst im Verhältnis 1 : 2 versucht.

Das Glycerin—Wassergemisch wurde in anderen Versuchsreihen mit



versetzt, um das Ferment zu aktivieren. Auch die Möglichkeit, daß das Enzym mehr oder weniger fest mit Zellbestandteilen verbunden sei, was seine Unlöslichkeit² erklären könnte, wurde untersucht, indem das fermenthaltige Material im Vakuum bei einer Temperatur von 25 bis 30° getrocknet und dann erst mit Glycerin—Wassergemisch behandelt wurde unter gleichzeitiger Anwendung vorerwähnter Aktivatoren. Ebenso erfolglos waren die Versuche, eine Einwirkung der Zytasen auf Grund des Reduktionsvermögens etwa gebildeter Zucker gegenüber Fehling'scher Lösung festzustellen.

Im auffallenden Gegensatze zu diesen Befunden stehen die außerordentlich großen Gewichtsverluste, die unter Umständen das Holz befallener Bäume erleidet. Ein solcher Fall wurde quantitativ durchstudiert und ergab die in Tabelle VI angeführten Resultate. Es war dies der gemeine unechte Feuerschwamm (*Polyporus igniarius*), der auf einer etwa 30jährigen Eiche (*Quercus sessiliflora*) schmarotzte. Zum Vergleich wurde auch das Holz eines gesunden, gleichalterigen, in unmittelbarer Nähe stehenden Baumes derselben Art untersucht. Alle Zahlen beziehen sich auf vollkommen trockenes Material.

Beim Vergleich der beiden ersten Kolonnen der Tabelle VI fällt zunächst der große Unterschied im mittleren spezifischen Gewicht auf, aus dem zu schließen ist, daß das Holz nahezu 3 Viertel

¹ J. Zellner, Monatshefte für Chemie, 30, 661, 1909.

² H. Euler, Chemie der Enzyme, I, p. 8. München und Wiesbaden 1920.

seines ursprünglichen Gewichtes verloren hat. Von den organischen Stoffen sind Stärke, Gerbstoffe und Zucker ganz verschwunden, die Säuren auf fast ein Drittel herabgesunken. Aber Rohfaser und Aschengehalt sind nicht in entsprechender Weise gestiegen. Obwohl 74% des Holzes aufgezehrt wurden, zeigt der Rückstand doch keine hervorragende Verschiedenheit in seiner chemischen Zusammensetzung gegenüber dem ursprünglichen Holze. Das ist sehr auffallend und beweist, daß der Angriff auf verschiedenen Wegen erfolgen und alle vorhandenen Stoffe ziemlich gleichmäßig treffen muß. Bei den Mineralstoffen zeigt sich eine auffällige Abnahme nur bei Mg und SO_3 , während K und Ca nahezu unverändert blieben und Fe, Al, Si, Cl und auch P sich anhäuften.

Tabelle VI.

	Eichenholz gesund	Eichenholz befallen, gelblichweiß, stark brüchig und leicht	<i>Polyporus ignarius</i>
Gewicht von 1 cm^3 Holz...	0.740	0.191	—
Wasserlösliche Stoffe.....	8.01	3.34	4.85
Lösliche Mineralstoffe	0.69	0.40	0.98
Reduzierender Zucker	0.38	0.00	Spuren
Löslicher Stickstoff	0.07	0.08	0.12
Gesamtsäuren als KOH...	0.26	0.10	0.45
Gerbstoffe	4.10	0.00	0.00
Rohfaser	62.26	60.49	—
Asche.....	1.14	1.21	3.69
K ₂ O	23.45	} als K ₂ O 23.02	29.35
Na ₂ O	2.44		0.96
MgO	7.15	2.64	7.13
CaO	32.71	31.00	19.50
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃	0.30	4.12	3.47
Mn ₂ O ₃	0.86	1.68	2.85
Cl	0.15	0.76	0.02
SO ₃	2.93	Spuren	13.51
P ₂ O ₅	1.31	6.94	1.53
SiO ₂	1.77	7.31	3.03
CO ₂	—	22.53	17.89
C	0.45	—	0.76

Die chemische Analyse stimmt mit dem mikroskopischen Bilde, das Herr Dr. G. Klein die Freundlichkeit hatte, herzustellen, vollkommen überein.

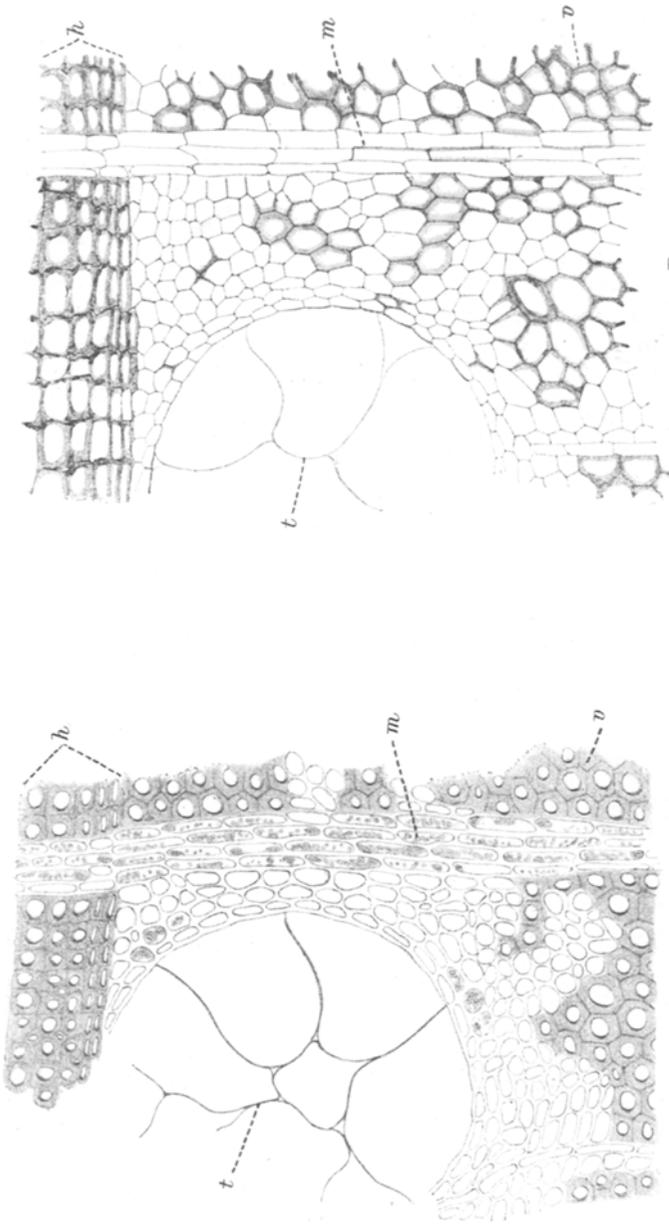


Fig. 1.

A Teil eines Querschnittes durch das normale Eichenholz, dessen Analyse oben mitgeteilt wurde.

Fig. 2.

B Teil eines Querschnittes durch das zersetzte Holz.

h Herbstholz, *m* Markstrahl, *t* Thyllen, *v* Verdickungsschicht.

Man sieht, daß das zersetzte Holz aller Inhaltsstoffe beraubt ist; die Stärke in den Markstrahlzellen und im Holzparenchym sowie die Gerbstoffballen in den Markstrahlen sind völlig verschwunden, die Verdickungsmasse der Zellwände ist größtenteils herausgelöst, so daß nur die Mittellamelle übrig bleibt. Die das Gewebe durchziehenden und erfüllenden Pilzhyphen sind der Übersicht halber weggelassen.

Polek¹ hat den *Merulius lacrimans* und das von ihm befallene Holz von *Pinus silvestris* sowie gesundes Holz derselben Gattung in bezug auf die Mineralstoffe untersucht. In Tabelle VII sind die dort angeführten Werte entsprechend umgerechnet wiedergegeben. Auch hier vermindert sich das Mg, während sich Fe, Al, Mn und Cl vermehren; die Zahlen für K, Ca und P₂O₅ schwanken zu sehr, um Schlüsse zuzulassen. Die Gesamtasche ist in diesem Falle auf das sieben- bis achtfache gestiegen. Die Verhältnisse liegen hier anders als beim *Polyporus igniarius*, da letzterer ein holziger, der Hausschwamm aber ein fleischiger Pilz ist (siehe oben p. 6).

Tabelle VII.

	Gesundes Holz, im Winter geschlagen	Gesundes Holz, Ende April geschlagen	Durch Hausschwamm scheinbar völlig zerstörtes Holz	Ebensolches von einem anderen Ort	<i>Merulius lacrimans</i> Fruchtkörper
K ₂ O	3·22	13·94	11·54	2·88	56·11
Na ₂ O	0·33	1·43	5·92	5·17	1·60
MgO	5·53	4·05	1·07	2·53	Spur?
CaO	41·65	31·51	26·43	35·92	0·35
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃	3·50	6·31	15·85	6·44	4·04
Mn ₂ O ₄	0·64	1·02	3·02	5·71	Spuren
Cl	0·08	0·07	1·16	0·29	3·39
SO ₃	3·08	2·78	3·66	4·23	2·64
P ₂ O ₅	0·57	4·37	1·29	0·45	25·01
SiO ₂	3·06	3·46	2·64	2·60	4·05
CO ₂	38·41	31·09	26·86	33·12	0·84
Gesamtasche	0·19	0·22	1·48	1·56	9·66

¹ Goeppert-Polek: Der Hausschwamm, seine Entwicklung und Bekämpfung. Breslau 1885.

Wie schon früher erwähnt, hat Mez durch quantitative Versuche festgestellt, daß der *Merulius* Zellulose direkt zu CO_2 und H_2O verbrennt; andere Abbauprodukte konnten nicht nachgewiesen werden. Dieser Pilz scheint also nur die Verbrennungsenergie auszunützen und nicht erst die Zellulose in lösliche Form zu bringen, um die niedriger molekularen Zuckerarten, wie Glukose und Zellobiose in sich aufzunehmen. Daß bis jetzt ein makrochemischer Nachweis der Zytasen noch nicht erbracht wurde, könnte vielleicht in der Unlöslichkeit dieses Ferments begründet sein, obwohl man sich die Einwirkung eines unlöslichen Körpers auf einen anderen unlöslichen schwer vorstellen kann. Sollte wirklich eine Verbrennung bis zu den letzten Oxydationsstufen erfolgen, die doch auch nicht leicht denkbar ist, so blieben noch zwei weitere Möglichkeiten übrig, die diese Erscheinung verständlich machen könnten. Es könnte nämlich der Pilz durch seine Hyphen Oxydasen in den Wirt senden, welche die Zellulose und andere Membranstoffe oxydieren. Diese Meinung scheint uns nicht zutreffend, da einerseits bis heute kein analoges Beispiel bekannt ist, und andererseits doch die Reaktion unter Luftabschluß, nämlich im Innern des äußerlich unversehrten Baumes von statten geht. Die zweite Möglichkeit besteht in einer bakteriellen Einwirkung, die diese Schwierigkeiten nicht aufhebt, sondern nur hinausschiebt. Man müßte sich gleichsam eine Art Symbiose zwischen Bakterien und Pilz vorstellen. Festzustellen, wie weit derartige Ansichten zu Recht bestehen, liegt nicht mehr im Bereich der chemischen, sondern vielmehr der botanischen und bakteriologischen Forschung.

Wir können nicht schließen, ohne Herrn Hofrat R. Wegscheider für seine Ratschläge, Herrn Regierungsrat K. Keissler für die botanische Bestimmung der Pilzarten, und Herrn Dr. G. Klein für seine freundliche Mithilfe unseren verbindlichsten Dank auszusprechen.
