Über die Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung von Pilzsporen und ihrem Verhalten gegen Erhitzen.

Von Karl Zobl (Innsbruck).

Gelegentlich umfangreicher Untersuchungen über die Widerstandsfähigkeit, beziehungsweise Hinfälligkeit von Pilzsporen gegen feuchte und trockene Hitze (Zobl, 1944) wurde unter anderem die chemische Zusammensetzung der Ascussporen von *Melanospora leucotricha* C., *Mel. parasitica* Tul. und der Konidien von *Aspergillus niger*, *Asp. fumigatus* und *Penicillium brevicaulis* ermittelt. Die Untersuchungen hatten den Zweck festzustellen, ob Zusammenhänge zwischen der chem. Zusammensetzung der Sporen und ihrer Widerstandsfähigkeit bzw. Hinfälligkeit gegen Erhitzen bestehe. Während die industriell wichtigen Hefepilze und die essbaren Pilze mehrfach einer chemischen Analyse unterzogen wurden, sind wir über die chem. Zusammensetzung anderer Pilze nur wenig unterrichtet. Angaben über die chem. Zusammensetzung des Mycels verdanken wir N. Sieber (1881), E. Cramer (1891, 1894) und Marshall (1897). Die chem. Zusammensetzung der Konidien von *Penicillium glaucum* untersuchte E. Cramer (1894). Über die Zellulose des Pilzmycels berichtet J. Dreifuss (1893), über den Eiweisstickstoff des Mycels M. Nikolski (1904). Bezüglich der Analysenergebnisse höherer Pilze sei auf Zopf (1890), König (1903) und Zellner (1907) verwiesen. Die Ergebnisse von N. Sieber und J. Dreifuss scheiden für Vergleichszwecke aus, da Sieber mit Mischkulturen von *Penicillium* und *Mucor*, Dreifuss aber mit verunreinigten Kulturen arbeitete.

Eigene Untersuchungen.

1. Material und Arbeitsweise.

Schwierig ist die Beschaffung einer genügend grossen und reinen Ascussporenmenge, leichter dagegen die von Konidienmassen. Nachdem festgestellt worden war, dass auf Haferdekotagar die Konidienvegetation von *Melanospora leucotricha* zu gunsten einer reichlichen Perithezienentwicklung unterdrückt wird, wurden Kulturen in grossen Petrischalen auf 2% Haferdekotagar angelegt. Nach 5½monatiger Kultur waren reichlich Perithezien entwickelt,

aus denen lange, dicke Schnüre von Ascussporen ausgepresst wurden. Die fortschreitende Austrocknung des Nährbodens und die geringe Luftfeuchtigkeit verhinderten ein Auskeimen der Ascussporen, so dass gleichmässiges Material erhalten wurde. Die Sporenmasse wurde durch Abheben von den Perithezienmündungen gesammelt, gewaschen, zentrifugiert, über Kalziumchlorid getrocknet, wodurch reines Sporenmateriel erhalten wurde. Es konnten auf diese Weise 2 g reine Sporenmasse gesammelt werden. *Mel. parasitica* parasitiert auf einer Isariaart. Es musste daher das Ascussporenmateriel besonders vorsichtig abgeerntet werden, um eine Verunreinigung mit Isariakonidien zu vermeiden. Die mikroskopische Kontrolle ergab reine Sporen, von denen 1 g vorlag. Die Konidien von *Aspergillus niger*, *Asp. fumigatus* und *Penicillium brevicaulis* wurden auf schwach befeuchtem, sterilisierten Gerstenmalz erzogen. Bei diesem Verfahren erhält man reichlich Konidienmassen, die Mycelbildung ist weitgehend unterdrückt. Die Konidien werden abgeschwemmt, gewaschen, filtriert, zentrifugiert und rasch über Kalziumchlorid im Exsikkator getrocknet um ein Auskeimen zu verhindern. Es wurden jeweils 2—3 g Konidien geerntet.

Der Wassergehalt wurde in lufttrockenem Material und nach Trocknen bei 110° C bestimmt. Der Wassergehalt zeigt grosse Schwankungen. Er ist am grössten in jungen noch nicht fruktifizierenden Mycelien, wo er 75—90% betragen kann, nimmt in den Perithezien, Sklerotien auf 15—30% ab und ist am geringsten in alten Konidien und Ascussporen, deren Feuchtigkeitsgehalt zwischen 4—15% lag.

Die Asche wurde in lufttrockenem Sporenmateriel bestimmt. Die Veraschung gelingt wegen des Harzanteils der Sporen nicht ganz leicht. Es bedarf mehrmaligen Anfeuchtens mit konz. HCl und Erhitzens, um reine kohlefreie Asche zu erhalten. Vergleichsweise durchgeführte Mycel- und Perithezienveraschungen ergaben 2—3fach höheren Anteil letzterer Pilzteile an Mineralstoffen. Der Aschengehalt schwankt beträchtlich und ist abhängig vom Mineralgehalt des Nährbodens, vom Alter der Kultur und der Myceldichte. Je dichter das Mycel, umso mehr Mineralsalze sind äusserlich an den Hyphen adsorbiert. Es wurden 3—12% Asche gefunden. Die Asche wurde nicht weiter analysiert.

Die Stickstoffbestimmungen wurden nach Kjeldahl als Mikroanalyse (Modifikation von Bang) ausgeführt. Der Gehalt an Eiweisskörpern wurde aus der nach Kjeldahl gefundenen Gesamt-N-Menge durch Multiplikation mit 6.25 berechnet. Die dabei erhaltenen Eiweisszahlen sind etwas zu tief, denn es werden nach dem Kjeldahl-Verfahren nur 85—90% des Gesamtstickstoffes erfasst und ausserdem enthalten nicht alle Eiweissarten genau 16%

N, auf welcher Annahme die Eiweissberechnung durch Multiplikation des Gesamt-N mit dem Faktor 6.25 beruht. Die geringe Materialmenge liess eine fraktionierte N-Bestimmung wenig aussichtsreich erscheinen, Probeanalysen ergaben keine brauchbaren Werte. Einzelne N-Bestimmungen nach D u m a s (im Mikroverfahren) ergaben 3—5% höhere und somit richtigere N-Werte. Der N-Gehalt des Pilzmaterials wird im Gegensatz zum Mineralgehalt nur wenig vom N-Gehalt des Nährbodens beeinflusst, wie Vergleichskulturen auf N-armen Nährböden zeigten.

Die Äther- und Alkoholextrakte wurden im Soxhlet-Apparat bestimmt. Es gehen dabei Fette, Fettsäuren, Wachse, Phosphatide und ähnliche Körper in Lösung. Sie finden sich in älteren Zellen in grösserer Menge. Der Rückstand der Ätherextraktion war von ölig-fettiger, zähflüssiger Beschaffenheit, bräunlich gefärbt und hatte einen eigenartigen, etwas stechenden Geruch. Nach längerem Stehen entstanden kleine Kristalle. Fettkennzahlen konnten nicht bestimmt werden.

Der Rückstand der Alkoholextraktion, eine harzartige, bräunliche Masse, hatte einen schwach aromatischen Geruch. Er enthält geringe Mengen reduzierender Substanzen, vermutlich reduzierende Zucker. Die quantitative Bestimmung dieser Substanzen erwies sich schwierig und ergab mengenmässig weniger als 0.5%.

Sehr schwierig und unsicher ist die Bestimmung der Kohlehydrate, von denen wasserlösliche und wasserunlösliche Anteile nachweisbar sind. Der Gesamtgehalt an Kohlehydraten wird als Differenz vom Gesamtgewicht der Probe nach Abzug von Wasser, Asche, Eiweisskörper, Alkohol- und Ätherextrakt bestimmt. Es ist dabei zu beachten, dass bereits der Alkoholextrakt einen geringen Anteil reduzierender Kohlehydrate enthält, der aber vernachlässigt werden darf.

Gegen die Kohlehydratwerte von C r a m e r, M a r s c h a l l, S i e b e r und D r e i f u s s ist einzuwenden, dass ihre „Zellulose- und Stärkezahlen“ sich nicht auf diese Kohlehydrate allein beziehen können. Jodbläuende Kohlehydrate, wie Stärke und Zellulose, kommen bei Pilzen kaum vor; an ihre Stelle treten Glykogen und verschiedene niedere Polysaccharide, bzw. Komplexverbindungen solcher. M a r s c h a l l gibt in der Tabelle I seiner Arbeit für „Zellulose und Stärke“ zusammen folgende Werte an: *Aspergillus* 8.8%, *Penicillium* 9.7%, *Mucor* 5.1%. Nach d e B a r y kommt echte Zellulose nur bei einzelnen Algenpilzen vor, dagegen nicht oder nur in sehr geringer Menge in den übrigen Pilzen. V a n W i s s e l i n g h fand echte Zellulose nur bei Myxomyceten, Peronosporaceen und Saprolegniaceen. Die beiden letzten Familien zählen zu den Algenpilzen. M a r s c h a l l hat daher zumindest für *Aspergillus* und *Peni-*

cillium andere Kohlehydrate als Zellulose und Stärke vor sich gehabt, vermutlich Glykogen, das sich in jungen Hyphen stets reichlich findet und ebenfalls von Kalilauge nicht angegriffen wird. Auch gibt das von Gilson und Winterstein bei vielen niederen und höheren Pilzen an Stelle von Zellulose nachgewiesene Chitin beim Erhitzen mit konz. Kalilauge einen Rückstand, der mit warmer konz. HCl Kristalle von salzsaurem Glukosamin bildet. Nun gibt Marschall an, dass nach Durchführung der Kaliprobe mit *Mucor stolonifer* (*Rhizopus nigricans*) ein weisser flockiger Rückstand blieb, der von ihm als „Zellulose“ bezeichnet wird. Mit salzsaurem Phenylhydrazin bildeten sich Kristalle, die Marschall für Glucosazonkristalle hielt. Die Löslichkeit des Rückstandes in Kupferoxydammoniak (Zellulosereagens) wurde von ihm nicht geprüft. Es ist anzunehmen, dass Marschall Chitin und Glukosaminkristalle vor sich hatte. Chitin findet sich nach van Wisselingh u. a. bei *Mucorineae*, vielen *Ascomycetes* (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Pyrenomyces* und *Discomycetes*), sowie *Basidiomycetes*. Wir fanden es auch reichlich bei *Melanospora*.

Aus diesen Überlegungen heraus untersuchten wir die Sporenmassen zuerst qualitativ mikrochemisch auf das Vorhandensein von Stärke, Zellulose, Hemizellulosen, Glykogen und Chitin. Zellulose und Stärke waren nicht sicher nachweisbar. Die „Hemizellulosen“ sind durch 10%ige HCl leicht hydrolysierbar, worauf mit Anilinacetat der Nachweis von Pentosanen (Rotfärbung, Furfurolbildung), mit der Reaktion nach Fehling der Hexosane, bzw. der aus ihnen entstandenen reduzierenden Zucker gelang. Die Nachweise von Glykogen und Chitin waren stets positiv. Mono- und Disaccharide waren in den Ascussporen nicht sicher nachweisbar. Der Anteil an reduzierenden Zuckern ist in der reifen Ascusspore jedenfalls sehr gering. Wir beschränkten uns daher nur übersichtshalber auf die Bestimmung der „Hemizellulosen“ und auf das Glykogen. Eine abgewogene Sporenmasse wurde mit 5%iger HCl 4 Stunden am Rückflusskühler gekocht und der Traubenzucker im Filtrat nach Fehling titiert. Die erhaltenen Dextrosewerte ergeben durch Multiplikation mit 0.9 den „Hemizellulosegehalt“. Die übrigen möglicherweise vorhandenen Kohlehydrate, das Glykogen sowie der N-freie Anteil des Chitins wurden als Differenz gegen 100 bestimmt. Von einer quantitativen Bestimmung des Chitins wurde abgesehen, da ja der Stickstoff dieser Verbindung sich im Gesamt-N eingerechnet befindet.

2. Analysenergebnisse:

a) Ascussporen von *Mel. leucotricha* und *Mel. parasitica*; Mittelwerte von je 2 innerhalb der Fehlergrenzen liegenden Parallelbestimmungen.

In 100 Teilen der Trockensubstanz (110° C) sind enthalten:

	<i>Melanospora leucotricha:</i>	<i>Melanospora parasitica:</i>	Durchschnittswerte:
Asche	3,03%	2,95%	2,99%
N auf Eiweisskörper umgerechnet	4,70 × 6,25	4,35 × 6,25	28,31%
Ätherextrakt	4,73%	6,07%	5,40%
Alkoholextrakt	26,17%	27,95%	27,06%
Kohlehydrate:			
1. Bestimmbare „Hemizellulosen“	16,31%	18,54%	17,43%
2. „Rest-Hemizellulosen“, Glykogen, Chitin und sonstige unbestimmbare organische Substanzen	20,37%	17,30%	18,84%
			100,03%

Die lufttrockene Sporenmasse verliert beim Trocknen bei 110° C bis zur Gewichtskonstanz im Mittel von 4 Bestimmungen 3,96% Wasser.

b) Konidien von *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus* und *Penicillium brevicaulis*; Mittelwerte von je 2 Parallelbestimmungen in 3 Monate alten Kulturen.

In 100 Teilen Trockensubstanz (110° C sind in % enthalten:

Pilzart:	Asche	N × 6,25	Ätherextrakt	Alkoholextrakt	Kohlehydrate		Wasserverlust nach Trocknen bei 110° C
					Hydrolisierb. „Hemizellulosen“	Chitin, Glykogen u. a. unbestimmb. Substanzen	
<i>Asp. niger</i>	8,24	38,67	9,26	22,35	9,54	11,94	15,40
<i>Asp. fumigatus</i>	6,10	41,28	11,20	16,86	8,50	16,06	7,38
<i>Penicill. brevicaulis</i>	11,20	30,16	7,28	24,17	7,80	19,39	10,30
Durchschnittswerte in %:	8,51%	36,70%	9,24%	21,12%	8,68%	15,79%	11,02%

Zum Vergleich seien die Ergebnisse von Cramer über die chem. Zusammensetzung von Konidien von *Penicillium glaucum* und die Ergebnisse Marshall's über die chem. Zusammensetzung von Schimmelpilzmycel angeführt.

a) Analyse von Cramer für Konidien von *Penicillium glaucum*:

In 100 Teilen der Trockensubstanz sind enthalten:

Asche	1,90%
Eiweisskörper	28,44%
Ätherextrakt	7,30%
Alkoholextrakt	30,40%
Zellulose	11,10%
Stärke	17,00%
Unbestimmbarer Rest	3,80%.

Die Konidienmasse verliert beim Trocknen zur Gewichtskonstanz 38.87% Wasser.

b) Analyse von Marschall für Mycel von *Aspergillus*, *Penicillium* und *Mucor* (Durchschnittswerte):

In 100 Teilen der Trockensubstanz finden sich:

Asche	6,37%
Eiweisskörper	38,00%
Ätherextrakt	5,27%
Alkoholextrakt	14,03%
Zellulose	5,03%
Stärke	2,80%
N-haltige wasserlösliche Extraktstoffe	28,47%.

Das Mycel verliert beim Trocknen zur Gewichtskonstanz im Mittel 88.66% Wasser.

Vergleicht man die von uns erhaltenen Werte mit den Werten von Cramer und von Marschall, so ergibt sich mit Ausnahme des Wassergehaltes relativ gute Übereinstimmung. Dies gilt besonders für die N-Werte. Fasst man die Werte, die Cramer und Marschall für „Zellulose und Stärke“ und unbestimmbaren Rest angeben, zusammen, so ergibt sich eine leidliche Übereinstimmung zumindest mit den von uns für *Melanospora* gefundenen Kohlehydratwerten. Cramer's „Stärke“ entspricht unseren bestimmmbaren Hemizellulosen, wobei nahezu gleiche Werte erhalten wurden. Eine grössere, aber nur scheinbare Differenz besteht im Wassergehalt der Sporen. Cramer findet 38.87% H₂O für die Konidien von *Penicillium glaucum*, wir nur 4—15%. Cramer bestimmte den Wassergehalt an wenige Tage alten Konidienmaterial, unsere Bestimmungen beziehen sich auf 3 bzw. 5½ Monate alte lufttrockene Sporenmassen, womit die Differenz erklärlich ist. Nach Zellner (1907) beträgt der Wassergehalt lufttrockener höherer Pilze im Durchschnitt 14.21%. Winterstein und Reuter (1912) fanden für den lufttrockenen Steinpilz (*Boletus edulis*) 10% Feuchtigkeitsgehalt. Dass der Wassergehalt des frischen Schimmelpilzmycels sehr hoch ist — nach Marschall 88.66% — und sich damit dem Wassergehalt der vegetativen Formen der meisten Bakterien nähert, ist ohne weiteres verständlich.

Vergleich der Eiweisswerte bei Bakterien, Aktinomyceten, Saccharomyceten und Hyphenpilzen (Schrifttumsübersicht).

Über die Ursachen der verschiedenen Hitzeresistenz der Mikroorganismen besteht bisher keine einheitliche Auffassung. Da wir auf Grund unserer früheren umfangreichen Untersuchungen (Zobl, 1944) den Eindruck gewonnen haben, dass dem Eiweiss-, neben dem Wassergehalt der Mikroorganismen besondere Bedeutung in dieser Beziehung zukommt, geben wir vergleichsweise eine Übersicht über die bisher wichtigsten Ergebnisse der N-Analysen bei Bakterien und Pilzen.

Zusammenstellungen der Analysenergebnisse verschiedener älterer Autoren finden sich bei Kruse (1910, p. 53 ff.), neuere Werte in Tabellenform in den *Tabulae Biologicae* (Suppl. I, 1929, p. 24 und 113), bei Anderson (1946, p. 56 ff.), Arnaudi (1948, p. 73 ff.) und bei Zobl (1944, p. 29 ff.).

Die Analysen ergeben, dass der Eiweissgehalt hitzeresistenter Bakterien und Aktinomyceten im Durchschnitt bereits in den vegetativen Einwicklungsformen $1\frac{1}{2}$ –3mal so gross ist, als der der Schimmelpilzsporen. Für Bakteriensporen findet man Werte von 82–87%, im Durchschnitt 70% angegeben. Für *Actinomyces odorifer*, einen weniger hitzeresistenten Strahlenpilz, wurden 46.3% Eiweiss gefunden. Verschiedene ober- und untergärrige Hefen ergaben 47 bis 80% Eiweiss, bezogen die die Trockensubstanz. Bei den Hefezellen muss aber die Grösse beachtet werden, die sie hitzehinfälliger macht. Dyrmont fand für die vegetative Form von *Bacillus anthracis* 42%, für die Sporen dagegen 70% Eiweiss, bezogen auf die Trockensubstanz. Für *Bacillus subtilis* werden 33%, für seine Sporen dagegen 70% Eiweiss angegeben. Tamura fand bei *Mycobacterium tuberculosis* gegen 60% Eiweiss, wovon aber $\frac{3}{4}$ aus wasserlöslichen Aminosäuren bestand. Anderson (p. 66, Tab. 3) gibt für Hefepilze 32–75% meist wasserlösliche Proteine an, für Pilze dagegen 14–52%.

Die wenigen Analysen der Schimmelpilzsporen ergaben wesentlich geringere Eiweissgehalte. So gibt Cramer für die Konidien von *Penicillium glaucum* 28.44% an. Wir fanden für die Ascussporen von *Melanospora leucotricha* 29.39%, für jene von *Mel. parasitica* 27.19%, im Durchschnitt 28.31% Eiweiss in der Trockensubstanz. Für die Konidien von *Aspergillus niger* fanden wir 38.67%, für die von *Aspergillus fumigatus* 41.28% und die von *Penicillium brevicaulis* 30.16%.

Schlussfolgerung.

Es ist nicht unsere Absicht, zu den verschiedenen, einander widersprechenden Auffassungen über die Hitzeresistenz der Mikro-

organismen (Sobernheim und Muendel, Jettmar, Oesterle u. a.) Stellung zu nehmen, doch möchten wir auf Grund unserer Untersuchungen auf einige, wie uns scheint, nicht oder wenig beachtete Möglichkeiten, die zur Erklärung der verschiedenen Hitzeresistenz herangezogen werden könnten, hinweisen.

a) Die chemische Zusammensetzung der in Frage kommenden Mikroorganismen, speziell aber der wechselnde Gehalt an Eiweissstoffen, muss besonders beachtet werden. Die bisher untersuchten Pilzsporen enthalten mengenmässig annähernd nur die Hälfte der Eiweissstoffe der vegetativen Formen der meisten hitzebeständigen Bakterien sporen, nur $\frac{1}{3}$ der Eiweissmenge der Sporen besonders hitzeresistenter Keime und sind obendrein noch wesentlich grösser als diese. *Je geringer der Gehalt an Proteinen im Verhältnis zur Grösse, umso weniger hitzeresistent scheint uns aber eine Spore zu sein.* Alle untersuchten Pilze, es wurden 50 verschiedene Arten aus allen Klassen des Pilzreiches geprüft (Zobl, 1944), sind gegen feuchte und trockene Hitze viel empfindlicher als die meisten Bakterien. Die besonders hitzeresistenten Bakterien sporen enthalten, soweit sie chemisch analysiert sind, 70—90% Eiweiss in der Trocken substanz.

Es ist daher anzunehmen, dass die verschiedene chemische Zusammensetzung, besonders aber die beachtliche Eiweissdifferenz zwischen den vegetativen und Dauerformen der Mikroorganismen einerseits, und zwischen Bakterien, Strahlenpilzen und Hyphenpilzen im besonderen, einer der Faktoren ist, die zur Erklärung des verschiedenen Verhaltens gegen Erhitzen herangezogen werden müssen.

b) Das Alter und der damit wechselnde Wassergehalt muss wenigstens bei den Pilzen, wie unsere Untersuchungen es zeigten (Zobl, 1944), entsprechend berücksichtigt werden. Junge wasserreiche Entwicklungsstufen sind wesentlich hingfälliger als ältere, mit bereits natürlich vermindertem Wassergehalt. *Experimentell konnten wir zeigen, dass auch junge wasserreiche Entwicklungsstufen nach Wasserentzug durch stufenweises sorgfälliges Trocknen gegen Erhitzen resistenter wurden.* Dies wurde an Zygoten von *Phycomyces nitens*, *Absidia glauca*, an Perithezien von *Melanospora leucotricha*, *Mel. pampeana*, *Mel. destruens*, *Microascus intermedius*, *Neurospora sitophila*, *Ceratostomella piceae* u. a. (Zobl, 1944) geprüft.

c) Die Grösse der Oberfläche der Spore, aber auch die Reliefbildungen des Exospors, die oberflächenvergrössernd wirken, sowie dessen chemische Zusammensetzung, müssen schon aus physikalisch-chemischen Gründen mehr beachtet werden. *Die Dicke des*

Exospors scheint mehr einen Schutz gegen Austrocknung als gegen Erhitzen zu bieten. Wenigstens sind die dickwandigen Konidien von *Penicillium brevicaulis* und die gleichfalls dickwandigen Ascussporen von *Mel. leucotricha* sehr hitzeanfällig, jedoch widerstandsfähig gegenüber Austrocknung (Zobl, 1943). Es kann hier nicht näher auf diese mehr physikalischen Fragen des Verhaltens von gesättigtem und gespanntem Wasserdampf, trockener Hitze u. a. m. an der Bakterien- und Pilzsporenoberfläche eingegangen werden. Sicher aber spielen sie eine grössere Rolle als bisher angenommen wurde und werden manches bisher unklare in einfacher Weise erklären.

Zusammenfassung.

1. Die chemische Zusammensetzung der Ascussporen von *Mel. leucotricha* und *Mel. parasitica* sowie der Konidien von *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus* und *Penicillium brevicaulis* wurde ermittelt.

2. Die Pilzsporen enthalten mengenmässig nur rund $\frac{1}{3}$ der Eiweissstoffe hitzeresistenter Bakteriensporen.

3. Es werden die Eiweissdurchschnittswerte von Bakterien, Actinomyceten, Sprosspilzen und Hyphenpilzen miteinander verglichen.

4. Der grössere oder geringere Eiweissgehalt der Sporen wird als ein Hauptfaktor der Hitzeresistenz, bzw. Hitzehinfälligkeit wahrscheinlich gemacht.

5. Auf die Bedeutung des Wassergehaltes, der Grösse der Oberfläche und der Reliefbildung des Exospors der Sporen wird hingewiesen.

Schrifttum.

- Anderson, C. G., Bacteriological Chemistry, 2. Aufl., Edinburgh, 1946.
Arnaudi, C., Microbiologia generale, 3. Aufl., Mailand, 1948.
Cramer, E., Arch. f. Hyg., **13**, 71, 1891.
Derselbe, Arch. f. Hyg., **20**, 197, 1894.
Dreifuss, J., Z. f. physiol. Chemie, **18**, 558, 1893.
Dyrmont, Arch. f. exp. Pathologie, **21**.
Gilson, La Cellule, **11**, 1895.
Jettmar, H. M., Arch. f. Hyg., **119**, 223, 1938.
König, J., Chemie d. menschl. Nahrungs- u. Genussmittel, **1**, 814, Berlin, 1903.
Kruse, W., Allgemeine Mikrobiologie, p. 53, Leipzig, 1910.
Marschall, Arch. f. Hyg., **28**, 16, 1897.
Nikolski, N., Zbl. f. Bakt., II., **12**, 554, 656, 1904.
Oesterle, P., Arch. f. Hyg., **117**, 4, 1936.
Derselbe, Zbl. f. Bakt. I., Orig., **141**, 187, 1938.
Sieber, N., Journal f. prakt. Chemie, NF., **23**, 412, 1881.

O p p e n h e i m e r, C. u. P i n c u s s e n, L., *Tabulae Biologicae*, Suppl. **1**, p. 27, Berlin, 1929.

T a m u r a, Z. f. physiol. Chemie, **87**, 107; **89**, 300.

V a n W i s s e l i n g h, Jahrbuch f. wissenschaftl. Botanik, Bd. **31**.

W i n t e r s t e i n u. R e u t e r, Zbl. f. Bakt. II., **34**, 566, 1912.

Z a c h, F., Zbl. f. Bakt. II., **89**, 196, 1933.

Z e l l n e r, J., Die Chemie der höheren Pilze, Leipzig, 1907.

Z o b l, K., Untersuchungen über den Bau u. die Entwicklung des Pyrenomyceten *Melanospora leucotricha* Cda., 89 Seiten, XV Tafeln, 60 Fig., Phil. Inaug. Diss. Universität Wien, 1940.

D e r s e l b e, Arch. f. Mikrobiologie, **13**, 207, 1943 u. **13**, 191, 1943.

D e r s e l b e, Arch. f. Hyg. **130**, 205, 1943 u. **132**, 63, 1950.

Z o b l, K. H., Untersuchungen über die Widerstandsfähigkeit von Pilzsporen gegen feuchte und trockene Hitze sowie deren chemische Zusammensetzung, verbunden mit Untersuchungen über die Anwendung von Sulfonamide-hältigen Pilznährböden. 47 Seiten u. 12 Tab., Med. Inaug. Diss. Würzburg, 1944. Dasselbst zahlreiche Schrifttumsangaben.

Z o p f, Die Pilze in morpholog., physiolog., etc. in Schenk's Handbuch der Botanik, Breslau, 1890.

Anschrift des Verfassers: Priv.-Doz. Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. K. H. Z o b l, Innsbruck, Karl Schönherrstrasse 2.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sydowia](#)

Jahr/Year: 1950

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Zobl Karl

Artikel/Article: [Über die Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung von Pilzsporen und ihrem Verhalten gegen Erhitzen. 175-184](#)