

Über das Vorkommen des Mangans in der Pflanze und über seinen Einfluß auf Schimmelpilze.

Von

stud. phil. **Josef Gößl** (Prag).

I. Historisches.

Schon seit langem ist bekannt, daß das *Mn* ein häufiger Bestandteil der Pflanzenaschen¹⁾ ist und nicht selten an Menge das vorhandene Eisen überwiegt. So findet es sich im Weißtannenholz²⁾ mit 28⁰/₀ und in der Tannenrinde sogar mit 40⁰/₀³⁾ in der Asche. Die Nadelhölzer nehmen im allgemeinen mehr *Mn* auf als die Laubhölzer, auch in der Waldstreu kommt *Mn* oft in beträchtlicher Menge vor.²⁾ Die umfassendsten Untersuchungen über das Vorkommen des *Mn* in der Pflanze verdanken wir Pichard.⁴⁾ Er hat an einer großen Anzahl von Gewächsen der verschiedenen Pflanzenfamilien dasselbe nachgewiesen, sodaß er zum Schlusse kommt, daß das *Mn* allgemein in den Pflanzen verbreitet ist. Nach dem genannten Autor soll es sich hauptsächlich in den Blättern und Sprossen in größerer Menge vorfinden. Interessant ist ferner die Beobachtung von H. Molisch,⁵⁾ daß die Eisenbakterien auch gewisse *Mn*-Verbindungen in ihrer Scheide zu speichern vermögen. Die Speicherung kann soweit gehen, daß die Fäden von *Leptothrix* 5—10 μ und mehr breit werden, daß also ebenso wie bei der Eisenspeicherung eine mächtige Entwicklung und Ausdehnung der Scheide damit verbunden ist. Ebenso fand Adler,⁶⁾ daß *Anthophysa vegetans* in hohem Grade imstande sei, *Mn* zu speichern.

Das Verhältnis zwischen den Dicken der Stiele bei den mit *Mn* gefütterten und den ohne *Mn* gezogenen Tieren stellte sich nach Adler sogar wie 50·8 μ : 20·7 μ .

1) Wolffs „Aschenanalysen“, 1871, und Schröder „Jahresber. für Agrikulturchemie“, 1878.

2) Ebermayer. „Physiologische Chemie der Pflanzen“.

3) Wolff, l. c.

4) Pichard „Compt. rendus. Bd. 126. pag. 530.

5) Molisch, H., „Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen“. Jena 1892. pag. 71.

6) Adler, Oskar, Über Eisenbakterien in ihrer Beziehung zu den therapeutisch verwendeten natürlichen Eisenwässern. (Centbl. f. Bakt. etc. Abt. II. Bd. XI. 1903. S. 218.)

G. Bertrand¹⁾ wies es in den Pilzen und in der Asche oxydierender Fermente nach, besonders in der der Laccase. Aso²⁾ fand es als Bestandteil eines Nucleoproteids aus Teeblättern. Auch im Tierkörper findet es sich, aber in viel geringerer Menge als in der Pflanze, darüber vergleiche man O. von Fürth.³⁾

Aber trotz dieses häufigen und oft reichlichen Vorkommens lehren die wenigen aber exakten Versuche,⁴⁾ die mit *Mn*-Verbindungen angestellt wurden, daß *Mn* das ihm so nahe verwandte Eisen nicht zu ersetzen vermag, ja sogar einen schädlichen Einfluß ausübt.⁵⁾

K. Aso und S. Sava⁶⁾ haben sich mit der physiologischen Wirkung von *Mn*-oxydulsalzen auf Pflanzen beschäftigt, und um die Art der Wirkung festzustellen, brachten die Verfasser junge Erbsenpflanzen von 16—17 cm Höhe in eine Lösung von 0.1% *Mn* SO_4 und untersuchten die gelb gewordenen Blätter der nach einigen Tagen eingehenden Pflanzen auf das Vorkommen oxydierender Enzyme. Die Reaktion mit Guajak tinktur fiel stärker aus als im Kontrollversuche, wo kein *Mn* vorhanden war, selbst wenn die Oxydase durch Erwärmen zerstört wurde. In Gegenwart von *Mn*-Salzen üben die Oxydasen, wie schon G. Bertrand⁷⁾ fand, eine stärker oxydierende Kraft aus. Das *Mn* scheint nach O. Loew⁸⁾ ebenso zu wirken, wie eine Vermehrung der Oxydasen, die nach Beobachtungen von A. F. Woods bei Verletzung von Blättern durch manche Blattlausarten und parasitäre Pilze eintritt und zur Gelbfärbung der verletzten Teile führt. — Es wurden dann weitere Kulturversuche mit verdünnteren *Mn*-Lösungen (0.02% *Mn* SO_4) von K. Aso und S. Sava⁹⁾ angestellt, wobei den Pflanzen (Rettigkeimlinge, Gerste, Sojabohnen und Reis) alle mineralischen Nährstoffe dargeboten wurden. Diese Versuche ergaben eine Wachstumssteigerung derjenigen Pflanzen, die in *Mn*-haltigen Nährlösungen gezogen wurden. O. Loew⁹⁾ erklärt diesen Einfluß des *Mn* hypothetisch aus dessen oben erwähnter Eigenschaft, die Wirkung der Oxydasen zu steigern, die so in den Stand gesetzt werden, gewisse dem Wachstum schädliche Stoffe, (Hemmungs- oder Ermüdungsstoffe), in den Zellen ebenso rasch zu oxydieren wie sie gebildet werden.

1) Bertrand, B., „Compt. rendus.“ Bd. 122. pag. 1132, 1215.

2) Aso, K., „Bulletin d. landwirtsch. Hochschule in Tokio.“ Bd. IV. No. 3.

3) von Fürth, O., Vergleichende chem. Physiologie der niederen Tiere. 1903. pg. 274.

4) Molisch, H., „Die mineralische Nahrung der niederen Pilze.“ (Sitz. Ber. d. Wiener Akad. Bd. CIII. Abt. I. Okt. 1894. pag. 565.)

5) Birner und Lucanus. „Landwirtsch. Versuchsstation.“ Bd. 8. pag. 216.

6) Loew, O., K. Aso und Sava. „Flora allg. Bot. Zeit.“ Erg.-Bd. 91. pag. 264—273.

7) Bertrand, G., Compt. rend. Bd. 120. pag. 266.

8) l. c. Flora. Erg.-Bd. 91. pg. 264—273.

9) l. c. pg. 273.

II. Über den Nachweis des *Mn* in der Pflanze.

Auf die gewöhnlichen makrochemischen Reaktionen des *Mn* einzugehen, liegt mir ferne, da dieselben allgemein bekannt sind. Ich ging zunächst daran, die bekannten mikrochemischen Fällungsmethoden, wie sie in den Werken von Haushofer¹⁾ und Behrens²⁾ angegeben werden, zu prüfen, und zwar die Fällung des *Mn* als a) $Mn C_2 O_4 \cdot 3 H_2 O$, b) $Mn O_2$ und c) $Mn NH_4 \cdot PO_4 + 6 H_2 O$.

Meine zahlreichen Versuche über die erste Fällung bestätigen die Befunde der beiden Forscher. Wegen der geringen Empfindlichkeit dieser Reaktion kann ich dieselbe für meine Zwecke nicht besonders empfehlen. (Grenze $1 \mu g Mn$.) Dagegen erwies sich die dritte Reaktion sehr empfindlich.

Das $Mn NH_4 \cdot PO_4 \cdot 6 H_2 O$ wird nach Behrens³⁾ in der Weise gefällt, daß man $Na HNH_4 \cdot PO_4 + 4 H_2 O$ in NH_3 löst und einen Tropfen dieser Lösung mit dem erwärmten und mit $NH_4 \cdot Cl$ versetzten Tropfen der sauren *Mn*-Lösung zusammenbringt. Nach meinen Erfahrungen wird zweckmäßig die Fällung so ausgeführt, daß man einen Tropfen der *Mn*-Lösung mit einem Tropfen $Na HNH_4 PO_4 + 4 H_2 O$ -Lösung zusammenbringt und das Ganze im NH_3 -Dampf einige Zeit stehen läßt, wo sich dann unter der Decke eines braunen Niederschlages die hemimorphen Kristalle von $Mn NH_4 PO_4 + 6 H_2 O$ ausbilden. Sie haben genau dieselbe Gestalt wie die analog zusammengesetzten Kristalle der Doppelverbindungen von *Fe-Co-Ni* und $Mg NH_4 PO_4 + 6 H_2 O$, unterscheiden sich aber von diesen dadurch, daß sie, wie es schon Behrens³⁾ betonte, am Objektträger haften bleiben. Sie haben die typische Sargdeckelform und können eine Länge von 40μ erreichen. Für die weiteren Untersuchungen ist es zweckmäßig, die am Objektträger haftenden Kristalle mit Wasser zu reinigen und dann die Anwesenheit von *Mn* etwa nach Behrens⁴⁾ durch Behandeln der Kristalle mit KOH oder $NaOH$ oder KOH und $H_2 O_2$, wodurch dieselben unter Beibehaltung der Kristallform gelbbraun gefärbt werden, darzutun.

Ein bedeutender Nachteil ist nun der, daß das *Co*-Doppelsalz ganz dieselbe Braunfärbung aufweist.

Bei der Bestimmung der Empfindlichkeitsgrenze des *Mn* als $Mn NH_4 PO_4 \cdot 6 H_2 O$ erhielt ich den Wert von $0.018 \mu g Mn$. (Grenze nach Behrens⁶⁾ $0.3 \mu g Mn$). — Es ergibt sich eine optimale Leistung des Reagens bei der Entnahme von Tropfen einer 0.05% $Mn SO_4$ - und 0.5% $Na HNH_4 PO_4 + 4 H_2 O$ -Lösung.

1) Haushofer, „Mikrochemische Reaktionen.“ Braunschweig 1885. pag. 96.

2) Behrens, „Anleitung zur mikrochemischen Analyse.“ Hamburg. Leipzig 1895. pag. 47.

3) l. c. pg. 47.

4) Behrens, l. c.

5) Behrens, l. c.

6) Behrens, l. c. pg. 46.

wobei sich die in betracht kommenden Substanzen $Mn:P = 1:82:1:13$ verhalten; es kommt also, wie O. Richter¹⁾ bereits gegenüber Behrens betont hatte, nicht in erster Linie darauf an, die Reagentien möglichst konzentriert zu verwenden, sondern in einem Verhältnis, das durch die Verbindungsgewichte angezeigt ist.

Es war bisher nicht möglich, mikrochemisch Mn bei gleichzeitiger Anwesenheit von Co , Ni , Fe und Mg nachzuweisen, bei meinen Untersuchungen kam ich auf eine Methode, die dies gestattet. Es fiel mir auf, daß durch Zusatz von $\frac{1}{10} nKMnO_4$ zu $MnNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ Kristallen, dieselben binnen wenigen Minuten lebhaft tief braun gefärbt werden. Die Färbung wird umso deutlicher, wenn nach erfolgter Bräunung der Reagenstropfen mit Wasser abgewaschen wird.

Es lag nun die Frage nahe, wie sich das von mir angegebene Reagens auf Mn gegenüber den isomorphen Doppelsalzen von Fe , Co , Ni und Mg verhalte, wobei mich gleichzeitig der Gedanke leitete, es könnte diese Reaktion eine eindeutige für Mn sein.

Bezüglich der Unterscheidung von Fe , Mn , Co , Ni und Mg gibt Behrens nur Trennungen an, aber keine einzige Reaktion, die es möglich macht, Mn mitten unter den anderen Doppelsalzen direkt unter dem Mikroskope zu erkennen. Meine Reaktion macht dies aber möglich. Die betreffenden Doppelverbindungen kann man sich höchst einfach in der von mir früher angegebenen Weise verschaffen.

Im besonderen sei hier erwähnt, daß die Eisenkristalle am besten so gelingen, daß man die Tropfen der Eisenlösung und $NaHNH_4PO_4 \cdot 4H_2O$ -Lösung, aufeinander einwirken läßt, ein Deckglas darauf gibt, und von der Seite her einen Tropfen NH_3 hinzubringt.

Die so hergestellten Doppelverbindungen von Fe , Mn , Co , Ni und Mg wurden nun auf dem Objektträger, jede für sich, mit einem Tropfen $\frac{22}{10} KMnO_4$ behandelt. Ich betrachtete die Kristalle unter dem Mikroskope nach Verlauf einer Viertelstunde bei 50facher Vergrößerung und fand, daß die Krystalle von Fe , Co , Ni und Mg vollkommen farblos blieben, während die Mn -Kristalle schön dunkelbraun gefärbt wurden. Bei den weiteren Untersuchungen ergab sich, daß die Braunfärbung schon deutlich bei einer Einwirkungszeit von fünf Minuten stattfand. Besonders erwähnen will ich, daß diese Mn -Krystalle die Reaktion auch bei der Empfindlichkeitsgrenze noch deutlich zeigen.

Beim Eisen habe ich anfangs das käufliche $FeSO_4$ verwendet und fand neben farblosen auch braun gefärbte Kristalle, was mir sehr auffiel. Ich prüfte das $FeSO_4$ auf Mn und konnte dies darin wirklich nachweisen. Damit war die Braunfärbung der Kristalle sofort erklärt. Ich verschaffte mir chemisch

1) Richter, O., „Untersuchungen über das Mg in seinen Beziehungen zur Pflanze.“ Teil I. (Sitz. Ber. der kais. Akad. d. W. in Wien. Bd. CXI. Abt. I. April 1902. pg. 178—179).

reines $FeSO_4$ von Merck und führte damit die Reaktion aus. In diesem Falle blieben alle Kristalle farblos.

Aus diesen angeführten Versuchen ergibt sich, daß nach der Methode, wie ich sie angewendet habe, nämlich $Mn NH_4 PO_4 \cdot 6 H_2 O$ Kristalle durch Behandeln mit $\frac{2}{10} KMnO_4$ braun zu färben, das Mn unter dem Mikroskope für sich und neben den anderen isomorphen NH_4 -Doppelsalzen deutlich nachgewiesen werden kann.

III. Verbreitung des Mn im Pflanzenreiche.

Mit dieser Reaktion ausgerüstet, habe ich es nun versucht, das Mn in den Pflanzen nachzuweisen, was sowohl in den Aschen, wie auch in trockenen und frischen Gewächsen gelang, selbst an Schnitten, die zur mikroskopischen Beobachtung dienten. Über die Versuchsanstellung vergleiche das früher Gesagte. Ergänzend will ich hier nur bemerken, daß die Schnitte in $0.1\% HCl$ behufs Lösung schwerer löslicher Mn -Verbindungen gelegt wurden, und nach Ausführung der Reaktion dieselben in einer feuchten Kammer mit NH_3 -Dampf stehen blieben. Am anderen Tage zeigten sich um das Gewebe herum Kristalle, von deren Charakter man sich durch Zusatz von $KMnO_4$, wobei sie sich braun färbten, überzeugen konnte. Die Asche wurde sowohl meiner mikrochemischen- als auch der makrochemischen Reaktion, mittelst Soda und Salpeter unterworfen, bei welcher letzterer Reaktion im Falle des Vorhandenseins von Mn eine grüne Schmelze entsteht. Zum Veraschen wurden Herbarpflanzen verwendet in Stücken von etwa 1 cm^2 Größe. Die untersuchten Pflanzen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt, in der 1 in der betreffenden Rubrik entweder viel oder wenig Mn bedeutet.

Thallophyta:

Klasse	Art	Reaktion	
		viel	wenig
Algae:	<i>Nostoc commune</i> Vauch.		1
	<i>Rivularia Sprengliana</i> Ktz.	1	
	<i>Zygnema stellinum</i> Ktz.		1
	<i>Nitella flexilis</i> Ag.	1	
	<i>Oedogonium capillare</i> Ktz.	1	
	<i>Chara intermedia</i> A. Br.	1	
	<i>Sargassum vulgare</i> Ag.		1
	<i>Valonia aegagrophylla</i> Ag.	1	
	<i>Chondrus crispus</i> Ag.		1
	<i>Porphyra vulgaris</i> Ag.		1
	<i>Claviceps purpurea</i> Tul.		1
Fungi:	<i>Boletus edulis</i> Dill.	1	
	<i>Boletus scaber</i> Fr.	1	
	<i>Russula vesca</i> Fr.	1	
	<i>Cantharellus cibarius</i> Fr.		1
	<i>Amanita muscaria</i> Pers.	1	
	<i>Tuber mesentericum</i> Mich.	1	
	<i>Borista plumbea</i> Pers.		1

Klasse	Art	Reaktion	
		viel	wenig
<i>Lichenes:</i>	<i>Usnea barbata</i> Fr.	1	
	<i>Usnea hirta</i> Hoffm.	1	
	<i>Cladonia rangiferina</i> Ach.	1	
	<i>Parmelia parietina</i> Ach.	1	
	<i>Roccella tinctoria</i> D. C.		1
	<i>Evernia prunastri</i> Ach.		1
	<i>Graphis scripta</i> L.	1	
	<i>Cetraria islandica</i> Ach.		1
<i>Archegoniatae.</i>			
<i>Bryophyta</i>	<i>Marchantia polymorpha</i> L.		1
	<i>Sphagnum acutifolium</i> Ehrb.	1	
	<i>Dicranum palustre</i> Brid.	1	
	<i>Bryum intermedium</i> Brid.		1
	<i>Funaria hygrometrica</i> Hedw.	1	
	<i>Polytrichum urnigerum</i> Brid.		1
	<i>Hypnum splendens</i> Dill.		1
	<i>Plagiothecium undulatum</i> Schimp.	1	
	<i>Homalia trichomanoides</i> Schimp.	1	
	<i>Fontinalis antipyretica</i> L.	1	
<i>Pteridophyta</i>	<i>Polypodium vulgare</i> L.		1
	<i>Aspidium Filix mas</i> Sw.	1	
	<i>Woodsia ilvensis</i> R. Br.	1	
	<i>Asplenium viride</i> Huds.	1	
	<i>Pteris aquilina</i> L.	1	
	<i>Cystopteris fragilis</i> Bernh.		1
	<i>Osmunda regalis</i> L.	1	
	<i>Salvinia natans</i> L.	1	
	<i>Pilularia globulifera</i> L.	1	
	<i>Equisetum arvense</i> L.		1
	<i>Lycopodium clavatum</i> L.		1
	<i>Isoetes lacustris</i> L.	1	
<i>Marsilia quadrifolia</i> L.	1		

Klasse	Art	Reaktion		Untersuchte Organe od. Gewebe		
		viel	wenig	Blatt	Stgl.	Holz
<i>Phanerogamae:</i>						
<i>Gymnospermae</i> (<i>Coniferae</i>)	<i>Taxus baccata</i> L.	1		1		1
	<i>Juniperus communis</i> L.	1		1		1
	<i>Pinus silvestris</i> L.	1		1		1
	<i>Abies alba</i> Miller	1		1		1
	<i>Picea excelsa</i> Link	1		1		1
	<i>Larix decidua</i> Miller	1		1		1
	<i>Tsuga canadensis</i>	1		1		1
	<i>Thuja occidentalis</i> L.		1	1		1

Klasse	Familie	Art	Reaktion		Untersuchte Organe od. Gewebe			
			viel	wenig	Blatt	Blüte	Stgl.	
Angiospermae a) Monocotyledoneae	Typhaceae	<i>Typha latifolia</i> L.	1		1		1	
	Potamogetonaceae	<i>Potamogeton natans</i> L.	1		1		1	
	Zosteraceae	<i>Zostera marina</i> L.	1		1		1	
	Alismaceae	<i>Alisma Plantago</i> L.	1		1		1	
	Butomaceae	<i>Butomus umbellatus</i> L.	1		1		1	
	Hydrocharitaceae	<i>Elodea canadensis</i> Rich. u. Mich.	1		1	1		
		<i>Hydrocharis Morsus ranae</i> L.	1		1	1	1	
	Gramineae	<i>Oryza sativa</i> L.	1		1		1	
		<i>Avena sativa</i> L.		1	1		1	
		<i>Poa annua</i> L.		1	1		1	
		<i>Festuca rubra</i> L.		1	1		1	
		<i>Bromus secalinus</i> L.		1	1	1	1	
		<i>Triticum sativum</i> Lamark		1	1		1	
		<i>Secale cereale</i> L.		1	1		1	
		<i>Hordeum sativum</i> L.		1	1		1	
		<i>Lolium perenne</i> L.		1	1		1	
		<i>Scirpus maritimus</i> L.	1		1		1	
	Cyperaceae	<i>Eriophorum angustifolium</i> Roth.	1		1		1	
		<i>Carex dioica</i> L.	1		1		1	
	Araceae	<i>Arum maculatum</i> L.		1	1		1	
		<i>Acorus Calamus</i> L.	1		1	1		
	Lemnaceae	<i>Lemna trisulca</i> L.	1		1		1	
	Liliaceae	<i>Allium strictum</i> Schrader		1	1	1		
		<i>Gagea bohemica</i> Schultes		1	1	1		
		<i>Asparagus officinalis</i> L.		1	1	1	1	
		<i>Convallaria majalis</i> L.		1	1	1		
		<i>Colchicum autumnale</i> L.		1	1	1		
	Amaryllidaceae	<i>Galanthus nivalis</i> L.		1	1	1	1	
		<i>Leucojum vernum</i> L.		1	1	1	1	
	Iridaceae	<i>Iris germanica</i> L.		1	1		1	
		<i>Crocus vernus</i> L.		1	1	1		
	Orchidaceae	<i>Orchis purpurea</i> Huds.		1	1	1		
		<i>Neottia Nidus avis</i> Rich.		1	1	1		
		<i>Coralliorrhiza innata</i> R. Br.	1		1			
	b) Dicotyledoneae	Salicaceae	<i>Salix viminalis</i> L.		1	1		1
		Juglandaceae	<i>Juglans regia</i> L.		1	1		1
		Betulaceae	<i>Corylus Avellana</i> L.	1		1		1
			<i>Carpinus Betulus</i> L.		1	1		1
		Fagaceae	<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	1		1		1
			<i>Alnus glutinosa</i> Gaert.	1		1		1
			<i>Quercus rubra</i> L.	1		1		1
			<i>Fagus sylvatica</i> L.	1		1		1
Ulmaceae		<i>Ulmus campestris</i> L.		1	1		1	
Urticaceae		<i>Urtica dioica</i> L.		1	1	1	1	
		<i>Humulus Lupulus</i> L.		1	1	1	1	
		<i>Cannabis sativa</i> L.		1	1		1	
Loranthaceae		<i>Viscum album</i> L.		1	1		1	
Polygonaceae		<i>Rumex Acetosa</i> L.		1	1	1	1	
		<i>Polygonum Bistorta</i> L.		1	1		1	
Chenopodiaceae		<i>Atriplex patulum</i> L.		1	1	1	1	
		<i>Beta vulgaris</i> L.		1	1		1	
Caryophyllaceae		<i>Dianthus deltoides</i> L.		1	1	1	1	
		<i>Agrostemma Githago</i> L.		1				
Nymphaeaceae		<i>Nymphaea alba</i> L.	1		1	1		

Klasse	Familie	Art	Reaktion		Untersuchte Organe od. Gewebe		
			viel	wenig	Blatt	Blüte	Stgl.
	Ranunculaceae	<i>Hepatica nobilis</i> Schreber		1	1	1	1
		<i>Caltha palustris</i> L.	1		1		1
		<i>Helleborus niger</i> L.	1		1	1	1
	Berberidaceae	<i>Berberis vulgaris</i> L.		1	1		1
	Lauraceae	<i>Laurus nobilis</i> L.		1	1		1
	Papaveraceae	<i>Papaver somniferum</i> L.		1	1	1	1
		<i>Chelidonium majus</i> L.		1	1	1	1
	Crucifereae	<i>Isatis tinctoria</i> L.		1	1		1
		<i>Lepidium sativum</i> L.		1	1	1	1
		<i>Raphanus Raphanistrum</i> L.		1	1		1
		<i>Brassica napus</i> L.		1	1	1	1
	Droseraceae	<i>Drosera rotundifolia</i> L.	1		1		1
	Saxifragaceae	<i>Saxifraga granulata</i> L.		1	1		1
	Rosaceae	<i>Spiraea salicifolia</i> L.		1	1	1	1
		<i>Rubus fruticosus</i> L.		1	1	1	1
		<i>Fragaria vesca</i> L.		1	1		1
		<i>Prunus domestica</i> L.		1	1	1	1
	Papilionaceae	<i>Lathyrus palustris</i> L.	1		1	1	1
		<i>Phaseolus vulgaris</i> L.		1	1	1	1
		<i>Pisum sativum</i> L.		1	1	1	1
		<i>Trifolium pratense</i> L.		1	1	1	1
		<i>Vicia sativa</i> L.		1	1	1	1
	Tropaeolaceae	<i>Tropaeolum majus</i> L.		1	1	1	1
	Linaceae	<i>Linum usitatissimum</i> L.		1	1		1
	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia palustris</i> Lmk.		1	1		1
		<i>Ricinus vulgaris</i> L.		1	1		1
	Hippocastanaceae	<i>Aesculus Hippocastanum</i> L.		1	1	1	1
	Vitaceae	<i>Vitis vinifera</i>		1	1	1	1
	Tiliaceae	<i>Tilia grandifolia</i>		1	1	1	1
	Malvaceae	<i>Malva silvestris</i> L.		1	1	1	1
		<i>Althaea officinalis</i> L.		1	1	1	1
	Violaceae	<i>Viola tricolor</i> L.		1	1	1	1
	Thymelaeaceae	<i>Daphne Mezereum</i> L.	1		1		1
	Onagraceae	<i>Trapa natans</i> L.	1		1		
	Araliaceae	<i>Hedera Helix</i> L.		1	1		1
	Umbelliferae	<i>Daucus Carota</i> L.		1	1		1
		<i>Cicuta virosa</i> L.	1	1	1		1
	Cornaceae	<i>Cornus alba</i> Auct.		1	1		1
		<i>Ledum palustre</i> L.	1		1		1
		<i>Vaccinium Myrtillus</i> L.	1		1		1
		<i>Vaccinium Vitis idaea</i> L.	1		1		1
		<i>Erica Tetralix</i> L.	1		1	1	1
	Oleaceae	<i>Ligustrum vulgare</i> L.		1	1		1
		<i>Fraxinus excelsior</i> L.		1	1		1
	Primulaceae	<i>Cyclamen europaeum</i> L.		1	1		1
		<i>Hottonia palustris</i> L.	1		1		1
	Gentianaceae	<i>Gentiana verna</i> L.		1	1	1	1
		<i>Erythraea Centaurium</i> Pers.		1	1	1	1
	Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L.		1	1	1	1
	Borraginaceae	<i>Pulmonaria officinalis</i>		1	1	1	1
		<i>Myosotis palustris</i> Rth.	1		1	1	1
		<i>Echium vulgare</i>		1	1		1

Klasse	Familie	Art	Reaktion	Untersuchte Organe od. Gewebe		
			viel	wenig	Blatt	Blüte
	<i>Labiatae</i>	<i>Stachys palustris</i> L.	1		1	1
		<i>Salvia officinalis</i> L.			1	1
		<i>Mentha rotundifolia</i> L.	1	1	1	1
	<i>Solanaceae</i>	<i>Solanum tuberosum</i>	1	1		1
		<i>Atropa Belladonna</i>	1	1		1
	<i>Scrophulariaceae</i>	<i>Linaria vulgaris</i> Mill.	1		1	1
		<i>Euphrasia officinalis</i> H.	1	1	1	1
		<i>Verbascum thapsiforme</i> Schr	1	1	1	1
	<i>Plantaginaceae</i>	<i>Plantago lanceolata</i> L.	1	1	1	1
		<i>Litorella lacustris</i> L.	1	1		1
	<i>Rubiaceae</i>	<i>Rubia tinctorum</i> L.	1	1		1
		<i>Asperula odorata</i> L.	1	1	1	1
	<i>Valerianaceae</i>	<i>Valeriana dioica</i> L.	1			1
		<i>Valerianella olitoria</i> Much.	1	1		1
	<i>Cucurbitaceae</i>	<i>Cucumis sativus</i> L.	1	1		1
		<i>Cucurbita Pepo</i> L.	1	1		1
	<i>Compositae</i>	<i>Tussilago Farfara</i> L.	1		1	1
		<i>Bellis perennis</i> L.	1	1		1
		<i>Taraxacum officinale</i> Weber	1	1	1	1
		<i>Centaurea Cyanus</i> L.	1	1	1	1
		<i>Hieracium bohemicum</i> Fr.	1	1	1	1

Mit diesen Befunden, die ich auf Grund der vorangegangenen Versuchsreihe erhalten habe, sind die Untersuchungen von Pichard¹⁾ vollständig bestätigt, darin nämlich, daß das *Mn* außerordentlich weit im Pflanzenreiche verbreitet ist.

Hervorheben muß ich jedoch, daß es mir nicht gelungen ist, *Mn* in *Cuscuta Epilinum* (Weihe) nachzuweisen. Ob hier überhaupt nicht *Mn* vorhanden war oder in nicht nachweisbarer Menge, wage ich nicht zu entscheiden.

Aus diesen Untersuchungen geht ferner hervor, daß Sumpf- und Wasserpflanzen im allgemeinen mehr *Mn* speichern, wie die Bodenpflanzen. Auffallend ist auch das Verhalten der Nadelhölzer, die, — ich erinnere an die Aschenanalysen von Wolff,²⁾ — das *Mn* entschieden leichter aufnehmen wie die Laubhölzer. Am meisten *Mn* ist gewöhnlich in der Rinde und im Holze angesammelt.

IV. Einfluß des *Mn* auf die Entwicklung der Pilze.

Nach mehrfachen Angaben in der Literatur wirken gewisse Metallsalze auf Pilze in größerer Menge giftig, in geringerer Menge als Reizmittel beim Wachstum. So hat Raulin³⁾ gezeigt, daß kleine Mengen von *Mn* das Erntegewicht der Pilze steigern, und M. Richard⁴⁾ hat dargetan, daß wirksame Gifte in ähnlicher Weise als Reizmittel wirken, wenn sie in außerordentlich verdünnten Lösungen geboten werden. Doch ist bei derartigen Untersuchungen immer zu beachten, daß das *Mn*,

1) Pichard. l. c.

2) Wolff, l. c.

3) Raulin, Annal. de. sienc. naturelle 1869. Sér. V. Bd. 11. pag. 252.

4) Richard, M., „Pringsheim's Jahrb.“ Bd. 30. 1897. pag. 665.

wie H. Molisch¹⁾ nachgewiesen hat, keinen wesentlichen Bestandteil der Pilznahrung ausmacht, und daß es das *Fe.* diesen so wichtigen Nährstoff der Pflanze, ebensowenig wie *Co* oder *Ni* zu ersetzen vermag.

In meinen folgenden Untersuchungen soll nun gezeigt werden, daß das *Mn* als Reizmittel auf Pilze wirken kann, aber nicht immer, sondern, daß der Erfolg abhängt von der Zusammensetzung der jeweilig verwendeten Nährlösung.

Für die Nährlösungen wurden chemisch reine Substanzen verwendet, wie sie die Firma Merck liefert.

Als Kulturgefäße wurden Erlenmeyer'sche Kolben benutzt, mit je 50 cm³ der betreffenden Nährlösung beschickt, mit Watte verschlossen, sterilisiert und schließlich mit dem Pilze geimpft. Zu jeder Versuchsreihe wurden 16 Kolben verwendet und je zwei (a, b) mit der gleichen Menge der betreffenden *Mn*-Verbindung versetzt. Die Pilze wurden im Dunkelthermostaten bei einer Temperatur von 32—34° C für *Aspergillus niger van Tiegh.* und 20—22° C für *Penicillium glaucum* gezüchtet. Nach Beendigung des Versuches wurden die Mycelien mit destilliertem Wasser gewaschen, bei 100° C getrocknet und gewogen.

I. Versuchsreihe mit *Aspergillus niger van Tiegh.*

Nährlösung: 500 g Wasser,
 25 g Rohrzucker,
 2·5 g Chlorammonium,
 0·25 g Magnesiumsulfat,
 0·25 g Monokaliumphosphat,
 Spur Eisenvitriol.

Beginn des Versuches am 10. 1. 1903.

Am 2. Tage war in allen Kolben ein kleines Mycel entwickelt. Bereits am 4. Versuchstage war der Unterschied zwischen den *Mn*-freien und *Mn*-haltigen Kulturen ein sehr auffälliger, die Mycelmasse in den *Mn*-Kulturen deutlich gefördert und außerdem in den Versuchen III a b — V a b das Mycel zitronengelb gefärbt. Die Fruktifikation hatte bereits begonnen und war zunehmend mit dem *Mn*-Gehalt, sodaß im Kolbenpaar VIII die ganze Pilzdecke schwarzbraun erschien. Die Farbe der Nährlösungen war schwachbraun. In der folgenden Zeit änderte sich am Versuche im allgemeinen nichts mehr. Am 26. 1. wurde das Erntegewicht bestimmt, also nach Verlauf von 16 Tagen mit folgendem Ergebnis:

<i>% MnSO₄</i>	<i>%</i>	Spur	0·01 <i>%</i>	0·1 <i>%</i>	1 <i>%</i>	2 <i>%</i>	5 <i>%</i>	10·0	
Nr. des Versuches	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Trockengewichti. Gramm	a	0·8674	0·8941	0·9236	1·0320	1·0038	0·9982	1·1042	1·1148
	b	0·9210	0·9338	1·0080	0·9766	1·0663	0·9776	1·1296	1·1432

¹⁾ Molisch, H., „Die mineralische Nahrung der niederen Pilze“. (l. c. pag. 554.)

II. Versuchsreihe mit *Penicillium glaucum*.

Die Bedingungen waren dieselben wie im vorhergegangenen Versuche. Er wurde am 13. 12. eingeleitet, und am 15. 12. erschien wieder in allen Kolben ein kleines weißes Mycel. Im großen und ganzen war mit steigendem *Mn*-Gehalt wieder eine Förderung in der Entwicklung des Mycels zu bemerken, während die Fruktifikation mit zunehmenden *Mn*-Mengen gehemmt erschien. Die Pilzdecke in den *Mn*-Kulturen, namentlich in jenen mit viel *MnSO*₄-Zusatz, bestand aus neben und übereinander gelagerten, zumeist unregelmäßig wurstförmigen Inseln, wodurch ein eigenartiges Aussehen entstand. Das Mycel war knorpelig dicht gefügt, die Zellen oft kugelig angeschwollen. Das Erntegewicht gab folgendes Resultat:

$\% MnSO_4$	0%	Spur	0.01%	0.1%	1%	2%	5%	10%	
Nr. des Versuches	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Trockengewichti. Gramm	a	0.1544	0.1344	0.1459	0.1795	0.2599	0.3875	0.3481	0.2569
	b	0.1420	0.1745	0.1690	0.1861	0.2330	0.3693	0.3543	0.3060

III. Versuchsreihe mit *Aspergillus niger* v. T.

Die Nährlösung und Versuchsbedingungen wie vorher, nur wurde der Nährlösung 5 g Pepton auf 1000 g Wasser zugefügt. Beginn des Versuches am 31. 1. 1903. Am 4. 2. schien die Mycelbildung und Fruktifikation in dem Maße als *Mn* hinzugefügt wurde, allmählich abzunehmen. Doch dieser Unterschied glich sich mit der Versuchsdauer wieder aus, mit Ausnahme in denjenigen Kulturen, welche den höchsten *Mn*-Gehalt besaßen, wo eine mäßige Förderung zu sehen war. Auch ging die Mycelentwicklung und Fruktifikation viel schneller vor sich, als wenn ich Zucker allein verwendete. Die Farbe der Nährlösung war wieder braun und zwar umso dunkler, je mehr *Mn* darin enthalten war.

Erntegewicht nach 16 Tagen:

$\% MnSO_4$	0%	Spur	0.01%	0.1%	1%	2%	5%	10%	
Nr. des Versuches	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Trockengewichti. Gramm	a	1.1063	1.2382	1.2980	1.2876	1.2146	1.2498	1.3324	1.4404
	b	1.1432	1.2176	1.2600	1.2738	1.2770	1.2762	1.4022	1.4228

IV. Versuchsreihe mit *Penicillium glaucum*.

Nährlösung dieselbe wie im III.

Beginn des Versuches am 21. 1. 1903.

Am 3. Tage war das Mycel bereits entwickelt, ebenso hatte die Fruktifikation schon begonnen. Darüber ist dasselbe zu bemerken wie im vorigen Versuche, nämlich daß mit steigendem *Mn*-Gehalt die Mycelbildung und Fruktifikation anfangs zurückblieb, später aber allmählich der Ausgleich erfolgte. Ebenso trat der eigentümliche Habitus des Mycels in den Nährlösungen mit viel *Mn* wieder auf, der im vorhergehenden *Penicillium*-Versuche erwähnt wurde. Die Nährlösung war wieder braun, und nahm in dem Maße ab, als *Mn* hinzugefügt wurde. Bei der Ernte ergab sich folgendes:

$\% MnSO_4$	0%	Spur	0.01%	0.1%	1%	2%	5%	10%	
Nr. des Versuches	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Trockengewichti. Gramm	a	0.6292	0.6585	0.6634	0.6706	0.6698	0.6756	0.7008	0.7708
	b	0.6300	0.6394	0.6582	0.6739	0.6748	0.6820	0.6924	0.7226

V. Versuchsreihe *Aspergillus niger*.

Die Nährlösung war dieselbe wie in I., jedoch war anstatt Rohrzucker die gleiche Gewichtsmenge Glycerin zugesetzt worden. Beginn am 25. 2. Am 2. Versuchstage war die Mycelentwicklung und Fruktifikation gleichmäßig sichtbar. Diese gleichmäßige Entwicklung war auch in den folgenden Tagen zu konstatieren und erhielt sich bis zum Ende des Versuches. Dabei war die Fruktifikation in allen Kolben sehr gering, und schwach zunehmend mit steigendem *Mn*-Gehalt. Das Trockengewicht wurde am 15. Tage bestimmt mit folgendem Ergebnis:

$\% MnPO_4$	0%	Spur	0.01%	0.1%	1%	2%	5%	10%	
Nr. des Versuches	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Trockengewichti. Gramm	a	0.6610	0.6834	0.7088	0.7560	0.7756	0.6840	0.6630	0.6360
	b	0.6540	0.6778	0.6910	0.7344	0.7620	0.6980	0.6246	0.6280

VI. Versuchsreihe mit *Penicillium glaucum*.

Dieselbe Nährlösung wie in V.

Beginn am 5. 3. Am 2. Versuchstage deutlich sichtbares Mycel in allen Kolben. Nach Verlauf von 4 Tagen in den Kolbenpaaren III a b — V a b die Mycelbildung und Fruktifikation deutlich gefördert. Am 12. 3. erreichte die Fruktifikation, ansteigend von II a b — V a b, hier das Maximum und fiel allmählich bis VIII. Die Mycelmenge schien in allen Kolben die gleiche zu sein.

Trockengewicht:

$\% MnSO_4$	0 $\%$	Spur	0·01 $\%$	0·01	1 $\%$	2 $\%$	5 $\%$	10 $\%$	
Nr. des Versuches	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Trockengewichti. Gramm	a	0·1186	0·1206	0·1290	0·1316	0·1334	0·1510	0·1520	0·1490
	b	0·1216	0·1326	0·1220	0·2260	0·1605	0·1600	0·1370	0·1530

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß *Mn*-Verbindungen auf die Mycelentwicklung und Fruktifikation der Schimmelpilze tatsächlich förderlich einwirken können, daß dies aber nicht unter allen Umständen der Fall ist. Es hängt nämlich diese fördernde Reizwirkung im hohen Grade ab von der Zusammensetzung der Nährlösung. So zeigt sich in einer Rohrzuckerhaltigen Nährlösung bei *Aspergillus niger* v. *Tiegh*, mit steigendem *Mn*-Gehalt, eine Beförderung des Mycelwachstums und der Fruktifikation, bei *Penicillium glaucum* hingegen unter denselben Verhältnissen eine Steigerung der Mycelentwicklung, dagegen eine Hemmung der Fruktifikation.

Enthält die Nährlösung außer Zucker jedoch noch Pepton, so ergeben sich andere Resultate. Es ist nämlich dann die Mycelbildung und Fruktifikation mit zunehmenden *Mn*-Mengen anfänglich gehemmt, später wird aber die Mycelmenge vermehrt, während die Fruktifikation gehemmt bleibt.

Bei der Darbietung von kohlenstoffhaltiger Substanz in Form von Glyzerin verursacht *Mn* bei *Aspergillus niger* eine geringe Vermehrung des Erntegewichtes und Beförderung der Fruktifikation. Bei *Penicillium glaucum* nimmt die Fruktifikation nur bis zu einem gewissen Prozentgehalte zu, um dann allmählich wieder abzunehmen.

Selbst bei einem großen *Mn*-Überschuß, wie 20—25 $\%$ *MnSO*₄, vermögen die Schimmelpilze noch zu gedeihen, nur schreitet unter diesen Verhältnissen die Entwicklung langsamer vorwärts.

Zusammenfassung.

1. Man ist imstande, *Mn* mikrochemisch für sich und neben den anderen isomorphen Doppelsalzen des *Ammoniums* nachzuweisen, und zwar indem man *MnNH*₄*PO*₄·6*H*₂*O* Kristalle mit $\frac{2}{10}$ *KMnO*₄ behandelt, wobei sich dieselben im Gegensatze zu den anderen isomorphen *NH*₄-Doppelsalzen tief dunkelbraun färben.
2. In Übereinstimmung mit den Untersuchungen von Pichard hat sich gezeigt, daß das *Mn* im Pflanzenreich außerordentlich weit verbreitet ist. Besonders sind es aber die Sumpf- und Wasserpflanzen, die im allgemeinen mehr *Mn* speichern, wie jene Pflanzen, die auf trockenem Boden wachsen. Auffällig sind ferner die Nadelhölzer,

die sich auch durch einen besonderen *Mn*-Reichtum gegenüber den Laubhölzern auszeichnen.

3. Die *Mn*-Verbindungen wirken auch als Reizmittel auf das Wachstum und die Fruktifikation der Schimmelpilze. Aber nicht unter allen Umständen, es hängt nämlich diese förderliche Reizwirkung im hohen Grade ab von der Zusammensetzung der Nährlösung.

Zum Schlusse erfülle ich eine angenehme Pflicht, wenn ich meinem hochgeschätzten Lehrer, Herrn Prof. Dr. H. Molisch, sowie Herrn Assistenten Dr. O. Richter, meinen aufrichtigen Dank ausspreche für die lehrreichen Ratschläge, mit denen sie vorliegende Arbeit stets gefördert haben.¹⁾

Prag, Pflanzen-physiologisches Institut der k. k. deutschen Universität.

¹⁾ Das Manuskript wurde am Anfange dieses Jahres abgeschlossen. Es konnten daher die inzwischen erschienenen interessanten Arbeiten von:

Oskar Löw und Seiroku Honda: „Über den Einfluß des Mangans auf Waldbäume“,

K. Aso, „On the Practical Application of Manganous Chlorid in Riceculture“,

M. Nagaoka, „On the Stimulating Action of Manganese upon Rice II“,

Y. Fukutome, „On the Influence of Manganese Salts on Flax“,

B. Schorler, „Beiträge zur Kenntnis der Eisenbakterien“,

nicht mehr berücksichtigt werden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: [BH_18_1](#)

Autor(en)/Author(s): Gößl Josef

Artikel/Article: [Über das Vorkommen des Mangans in der Pflanze und über seinen Einfluß auf Schimmelpilze. 119-132](#)