© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Mitteilungen.

27. D. Prianischnikow: Zur Frage über die Wurzelausscheidungen.

(Vorläufige Mitteilung).

Mit Tafel XII.

Eingegangen am 29. Februar 1904.

In letzter Zeit macht sich die Neigung geltend, die Frage über die Wurzelausscheidungen bereits für entschieden zu halten, und zwar in dem Sinne, dass die Pflanzen keine freien Säuren ausscheiden, die Kohlensäure ausgenommen[1]). Die Neigung zu dieser Annahme gründet sich vorzugsweise auf die Arbeit von CZAPEK[2]); indessen lassen sich die Resultate dieser Arbeit in manchen Fällen ganz anders erklären, als wie es der Verfasser tut (ich meine hauptsächlich das Kapitel „Versuche über Korrosion").

Hierbei wählt der Verfasser Aluminiumphosphat als eine Substanz, welche unlöslich ist in kohlensäure- und essigsäurehaltigem Wasser, dagegen löslich in Zitronensäure, Weinsäure, Apfelsäure, Bernsteinsäure und anderen in Pflanzen enthaltenen Säuren; indem er zu dem Resultate kommt (in seinen Versuchen mit Gipsplatten), dass das Aluminiumphosphat von den Wurzeln nicht angegriffen wird, zieht CZAPEK den Schluss, dass die genannten organischen Säuren nicht von den Wurzeln der Pflanzen ausgeschieden werden.

Vor allem ist zu bemerken, dass die Behauptung, Tonerdephosphat sei unlöslich in Essigsäure, nicht ganz richtig ist: es löst sich in derselben ziemlich merklich, und das ist eben der charakteristische Unterschied zwischen Tonerdephosphat und Eisenphosphat (obgleich auch das letztere teilweise löslich ist); das ergibt sich z. B. aus folgenden Versuchen von GERLACH[3]):

	Gelöst in 300 *ccm*		
	1 proz. Essigsäure	1 proz. Zitronensäure	
Abgewogen 10,6 *g* $AlPO_4$	11,8 pCt.	99,7 pCt.	der Gesamt-
„ 10,6 *g* $FePO_4$	2,8 „	76,6 „	phosphorsäure

1) Vergl. betreffende Seiten z. B. bei PFEFFER, Pflanzenphysiologie.
2) Jahrbücher für wiss. Botanik 1896.
3) Landw. Versuchsstationen, Bd. 46, 209.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

In den Versuchen von GEDROIZ[1]) hat $AlPO_4$ an 1000 *ccm* 2prozentiger Essigsäure 23,7 pCt., dagegen $FePO_4$ nur 4,3 pCt. der Gesamtphosphorsäure abgegeben.

Ferner ist zu bemerken, dass CZAPEK's Verfahren bei der Herstellung von Tonerdephosphat kein reines Phosphat gewinnen lässt: die Anwesenheit von Ammoniak in der Lösung von phosphorsaurem Natrium bringt einen gemischten Niederschlag von Phosphat und Tonerdehydrat hervor.

CZAPEK gibt keine Analyse seines Präparates, aber allem Anscheine nach kann die Quantität dieser Beimischung etwa gegen 50 pCt. betragen im Verhältnis zum Tonerdephosphat; wenigstens gewann GERLACH (l. c., S. 208) auf die gleiche Weise Niederschläge, welche nur 36 pCt. Phosphorsäure enthielten, statt 58 pCt. (was der Formel $AlPO_4$ entspricht). Reinere Präparate werden gewonnen, wenn das Fällen ohne Zusatz von Alkali oder sogar bei einem Zusatz von Essigsäure stattfindet (man muss unterscheiden, ob NaH_2PO_4 oder das gewöhnlich im Handel vorkommende Na_2HPO_4 dazu genommen wird).

In diesem Falle erscheint das Tonerdehydrat nicht als indifferente Beimischung: durch seine Anwesenheit wird die Löslichkeit des Tonerdephosphats herabgedrückt, wenigstens in einigen organischen Säuren; hierbei lassen wir ein Beispiel aus den Versuchen GERLACH's folgen:

	Phosphorsäure gelöst in		
	1prozentiger Essigsäure	1prozentiger Zitronensäure	1prozentiger Oxalsäure
Aus Tonerdephosphat	11,9 pCt.	99,7 pCt.	97,0 pCt.
Aus Tonerdephosphat, gemischt mit Tonerdehydrat	5,3 „	98,4 „	98,9 „

Wir sehen, dass die Löslichkeit in Essigsäure zweimal niedriger geworden ist; in Zitronen- und Oxalsäure hat sie sich in den Versuchen GERLACH's nicht verändert, jedoch in einem unserer Versuche (bei geringerem Quantum der Lösungsmittel) war eine Erniedrigung der Löslichkeit auch für Zitronensäure zu bemerken (von 1,19 *g* bis 0,29 *g*).

Man dürfte teilweise in erwähntem Umstande die Ursache des Resultats sehen, das CZAPEK in seinen Versuchen mit den Gipsplatten erhalten hat; aber dieser Umstand allein ist dennoch nicht genügend, um dieses Resultat zu erklären; eine viel grössere Rolle spielte dabei augenscheinlich ein anderer Versuchsfehler, nämlich, dass die Oberfläche der Gipsplatten der lösenden Einwirkung des Wassers nicht widersteht; das gibt auch der Autor selbst zu, indem

1) Journal für experimentelle Landwirtschaft, 1903 (russisch).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

er erwähnt, dass manchmal an von den Wurzeln berührten Stellen statt vertiefter Spuren sich erhabene Spuren bildeten, weil die Wurzeln an diesen Stellen den Gips mechanisch gegen die lösliche Einwirkung des Wassers schützten. Demnach war das Resultat des Versuches von der Wechselbeziehung dreier Einflüsse abhängig: 1. der Auflösbarkeit des Gipses im Wasser, 2. des Grades der Assimilierbarkeit des Phosphates, das dem Gips beigemischt wird, 3. des schützenden (mechanischen) Einflusses der Wurzeln gegen die lösende Wirkung des Wassers auf den Gips.

Es liegt auf der Hand, dass ein derartiger Versuch keine genauen Resultate geben kann, und es ist unverständlich, weshalb es nötig war, zu solchen Umwegen zu greifen, da es zur Lösung der Frage über die Bedeutung der einen oder der anderen Nahrungsquelle für die Pflanzen eine gut ausgearbeitete Methode gibt, die Methode der Wasser- oder Sandkultur.

In den Sandkulturen erweist sich nicht nur das Tonerdephosphat, sondern auch das weniger lösliche Eisenphosphat recht gut assimilierbar. Bei uns wurden derartige Versuche im Jahre 1900 gemacht und im verflossenen Sommer 1903 wiederholt, mit denselben Resultaten. Die Phosphate wurden durch Fällen der Lösungen von Eisenchlorid resp. Aluminiumalaun mit phosphorsaurem Natron (Na_2HPO_4) gewonnen; dabei wurden Niederschläge erhalten mit folgendem P_2O_5-Gehalte (im Zusammenhange mit der nachfolgenden Bearbeitung):

	Getrocknet bei 100°	Getrocknet bei 150°	Geglüht
Tonerdephosphat	54,05	55,86	55,55 pCt. P_2O_5
Eisenphosphat	41,51	46,38	47,11 „ „

Dass der Gehalt der Phosphorsäure ungeglühter Phosphate von den erforderlichen Formeln $AlPO_4$ und $FePO_4$ abweicht, lässt sich bei Eisen durch den Wassergehalt vollkommen erklären; bei Tonerde dagegen ist allem Anschein nach dennoch einiger Überfluss an Base vorhanden. Ausser dem Phosphorsäuregehalt wurde noch das Verhältnis der verschieden getrockneten Phosphate zur 2prozentigen Zitronensäure bestimmt; es wechselte folgendermassen (bei gleichen Phosphatmengen und gleicher Quantität des Lösungsmittels):

	Getrocknet bei 100°	Getrocknet bei 150°	Geglüht	Getrocknet bei 100°, aber mit einem Zusatz von Base[1])
Tonerdephosphat	1,19	1,15	—[2])	0,29 *g* P_2O_5
Eisenphosphat	0,180	0,107	0,047	0,10 „ „

1) Al_2O_3 resp. Fe_2O_3.

2) Das Glühen schwächte allem Anscheine nach nicht die Löslichkeit des Tonerdephosphats, zum Unterschiede von Eisenphosphat.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Sandkulturen mit diesen Präparaten (dabei bedienten wir uns eines äusserst reinen, zunächst mit starker Salzsäure ausgewaschenen Quarzsandes) gaben sehr günstige Resultate, sogar in den Fällen, wo zu den Versuchen Pflanzen mit der geringsten Auflösungsfähigkeit des Wurzelsystems genommen wurden, wie z. B. mit Hirse.

Hirse.

I. Versuch mit Tonerdephosphat.

	KH_2PO_4	$AlPO_4$ getrocknet bei 100°	$AlPO_4$ geglüht	Ohne P_2O_5
Gewicht trockener Substanz (insgesamt)	32,98	22,55	19,12	0,6 *g*[1])
Korngewicht	5,9	4,4	5,5	0 „

II. Versuch mit Eisenphosphat.

	KH_2PO_4	$FePO_4$ getrocknet bei 100°	$FePO_4$ geglüht	Ohne P_2O_5
Trockensubstanz	34,06	18,1	4,06	0,78 *g*
Korngewicht	8,1	2,8	0,7	0

Auf diese Weise konnten die Pflanzen, denen ungeglühte Phosphate zur Verfügung standen, in beiden Fällen eine bedeutende Entwicklung erreichen; der Ernte nach zu urteilen modifizierte das Tonerdephosphat seine Eigenschaften nur in geringem Grade beim Durchglühen; bloss das Eisenphosphat büsste in hohem Grade seine Assimilierbarkeit ein, was auch mit den Angaben des Zitronensäureauszugs übereinstimmt; dennoch unterscheidet sich die Entwicklung der auf durchgeglühtem Eisenphosphat gezogenen Pflanzen merklich von solchen, die der Phosphorsäure entbehren. (Siehe die photographischen Abbildungen 1 und 2 auf Tafel XII).

Ähnliche Resultate wie die vorhergehenden wurden für Tonerde mit Wicke und Senf erhalten:

Gesamtgewicht der Ernte	KH_2PO_4	$AlPO_4$	$AlPO_4$ geglüht	Ohne P_2O_5
für die Wicke	19,8	16,2	10,5	2,1
für den Senf	16,2	11,5	8,1	—

Die Lupine, die sich durch besonders energische Einwirkung ihres Wurzelsystems auf das Substrat auszeichnet, gab mit Eisenphosphat Resultate, die von den bei der Hirse erhaltenen abweichen: für dieselben erwies sich auch das geglühte Eisenphosphat als recht zugänglich (die Vollständigkeit der Vergleiche in diesem Fall wird

1) Jede Zahl ist die mittlere Zahl der Ergebnisse zweier Parallelgefässe. Die Ernte der Gefässe mit KH_2PO_4 und ohne Phosphorsäure müssen zur Vergleichung dienen. Pro Gefäss wurde gegeben: 0,54 *g* KH_2PO_4, 0,68 *g* $FePO_4$, 0,52 *g* $AlPO_4$. Bei der Ausführung der Versuche haben die Herren KULISITSCH, SCHULOW, LISSIZIN u a. teilgenommen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

etwas beeinflusst durch die ungenügend starke Entwicklung der Lupine):

	$FePO_4$	$FePO_4$ geglüht	Ohne Phosphorsäure
Das Gewicht.	15,5	13,0	1,7 *g*

Wir wollen noch die Resultate der Versuche mit Hafer anführen, in denen unter anderem die Einwirkung der Beimischung von Base auf die Assimilierbarkeit des Tonerdephosphates beobachtet worden ist.

Quelle von P_2O_5.

	$CaHPO_4$	$AlPO_4$ getrocknet bei 100°	$AlPO_4$ getrocknet bei 150°	$AlPO_4$ geglüht	$AlPO_4$ mit Zusatz von Al_2O_3
Erntegewicht.	30,2	24,0	21,3	17,0	12,5 *g*
Dasselbe im Parallelverversuch mit Eisen . .	—	23,0	19,5	3,0	— *g*

Der Zusatz der Base erniedrigte folglich die Assimilierbarkeit des Tonerdephosphats ungefähr um das Doppelte. In den Versuchen mit Eisen ist wiederum eine schnelle, vom Glühen bewirkte Erniedrigung zu bemerken.

Also nicht allein Tonerdephosphat, sondern auch Eisenphosphat, welches in Essigsäure fast unlöslich ist, wird in ungeglühtem Zustande bedeutend von den Pflanzen ausgenutzt[1]).

Es lässt sich also feststellen, dass die Pflanzen mehr Phosphorsäure aus den schwer löslichen Phosphaten entnehmen als Essigsäure, aber weniger als Zitronensäure. Aber damit ist noch nicht gesagt, dass die Pflanzen gerade eine dieser Säuren ausscheiden, da gleiche Resultate durch sehr verschiedene Lösungsmittel erreicht werden können, je nach der Veränderung der Qualitätsverhältnisse und der Dauer der Einwirkung.

Es dürfte ein allgemeinerer, dem CZAPEK'schen entgegengesetzter Schluss gezogen werden, nämlich, dass die Wurzelausscheidungen eine der organischen Säuren enthalten, welche Eisenphosphate und Tonerdephosphate lösen können; aber zum unwiderleglichen Schluss in diesem Sinne bedarf es der Untersuchung noch eines Umstandes: ob die Eisen- und Tonerdephosphate der Wirkung des kohlensäurehaltigen Wassers gegenüber wirklich so widerstandsfähig sind, wie es gewöhnlich angenommen wird? Ob sie nicht bei anhaltender, erneuerter Bearbeitung diesem Lösungsmittel eine merkliche Quantität Phosphorsäure abgeben könnten? Bei einem negativen Resultate eines solchen Versuches wird man imstande sein, mit genügender

1) Die Erntenanalysen sind zwar noch nicht zu Ende gebracht, aber hierbei dürfen wir erwähnen, dass mit ungeglühtem Eisenphosphat gezogener Hafer 76,3 *mg* P_2O_5 enthielt und Normalkultur — 119 *mg* P_2O_5 pro Gefäss; in den Samen aber war nicht mehr als 2,5 *mg* P_2O_5 enthalten.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Wahrscheinlichkeit zu schliessen, dass die organischen Säuren in den Wurzelausscheidungen wirklich vorhanden sind; bei einem positiven Resultate wird aber dieser Schluss seine Bedeutung verlieren.

Indem also die Richtigkeit der Argumente, die CZAPEK zum Beweise seiner These anführt, bestritten werden kann, lässt sich die Möglichkeit, dass sich diese selbst doch als richtig erweisen könne[1], nicht absolut leugnen; aber bewiesen ist es vorläufig noch nicht.

Ausser der oben angeführten näheren Untersuchung der Eigenschaften der Eisen- und Tonerdephosphate wäre es wichtig, zur Erklärung der uns interessierenden Frage die Energie des Atmungsprozesses für die Wurzeln von verschiedenen Pflanzen zu bestimmen; es steht ausser Zweifel, dass die Fähigkeit des Wurzelsystems, schwer lösliche Mineralien auszunutzen, sehr verschieden ist; davon haben wir uns überzeugen können bei unseren Versuchen mit Phosphaten, welche seit dem Jahre 1896 alljährlich in grossem Massstabe bei uns veranstaltet werden[2]. Einige Pflanzen sind sehr empfindlich gegen die Form des eingeführten Phosphates; andere dagegen verarbeiten recht gut solche Verbindungen, welche ersteren unzugänglich sind; zu der ersteren Kategorie gehören viele Vertreter der Gramineen (bei uns sind vorzugsweise Getreidearten untersucht worden), welche sich nicht entwickeln können, wenn die Phosphorsäure ihnen als Phosphorit (apatitähnliches Rohphosphat) zugeführt wird; Knochenphosphat verarbeiten sie besser, jedoch eine normale Entwicklung erreichen dieselben, wenn ihnen $Ca(H_2PO_4)_2$ oder $CaHPO_4$ zugeführt wird (oder sogar Tricalciumphosphat, aber in frisch gefälltem Zustande, Kristallisationswasser enthaltend).

Hierzu lassen wir Beispiele folgen:

Quelle von P_2O_5.

	Phosphat	Knochenphosphat	$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2O$	$CaHPO_4 + 2H_2O$	$Ca(H_2PO_4)_2 + H_2O$
Roggenernte . . .	1,8	12,5	23,1	24,5	22,4 *g*
Weizen	3,9	15,0	25,0	25,9	21,1 *g*

Diese Zahlen beziehen sich auf einen Versuch, wobei in allen Fällen eine gleiche Quantität Phosphorsäure aufs Gefäss gegeben wurde (0,20 *g*); aber selbst bei einer wenn auch um das Zehnfache gesteigerten Dosis ändert sich das Resultat sehr wenig:

		In Phosphoritform					Als $CaHPO_4$
Die Quantität von P_2O_5	0	0 40	0 80	1,20	1,60	2,00	0,20 *g*
Gewicht der Roggenernte . . .	1,35	1.30	1,55	1,30	—	1,15	8,55 *g*
Gewicht der Weizenernte . . .	1,20	2,50	2,65	2,00	3,15	3,75	14,70 *g*

1) Das heisst: die auflösende Wirkung der Wurzeln hänge von der ausgeschiedenen Kohlensäure, nicht aber von freien organischen Säuren ab.

2) Ein Teil der gewonnenen Resultate ist mitgeteilt worden in: Landwirtschaftliche Versuchsstationen, Bd. 56.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Die Analyse der auf dem Rohphosphat gewachsenen Pflanzen zeigte in diesen Fällen einen Gehalt von 2—4 *mg* P_2O_5 pro Gefäss, was wenig abweicht von der Quantität, die mit dem Samen eingeführt wird.

Anders verhalten sich der Buchweizen und die Lupine zum Phosphorit — sie verarbeiten denselben sehr merklich; die Unterschiede der einzelnen Phosphate für diese Pflanzen treten darum viel schwächer hervor. Die Analyse zeigt einen bedeutenden Phosphorsäuregehalt im Buchweizen, dem ein sehr schwer löslicher Phosphorit aus Podolien als Phosphorsäurequelle dargeboten war: bei einem Versuche wurden 58 *mg* P_2O_5 der Ernte pro Gefäss gefunden (unter denselben Bedingungen, wenn die Getreidearten nur 2—3 *mg* enthielten); die Lupine auf dem Rohphosphat gab sogar 97 *mg* P_2O_5 pro Gefäss. Hierbei folgen die Ernteangaben für einige Versuche:

	Ohne P_2O_5	Phosphorit	Knochenphosphat[1]
Die Lupine in den Versuchen des Jahres 1900	3,1	16,0	17,5

	Ohne P_2O_5	Phosphorite aus Podolien	Kostroma	Rjasan	Smolensk
Die Lupine im Jahre 1900 . . .	2,2	17,8	16,5	17,4	20,2 *g*

Da so augenscheinlich Abweichungen in der lösenden Wirkung der Wurzeln verschiedener Pflanzen bezüglich des Phosphorits vorhanden sind, so wäre es interessant, die Quantitäten von Kohlensäure, welche z. B. einerseits von den Wurzeln der Gramineen ausgeschieden wird, andererseits von denen der Lupine, zu bestimmen; das könnte zur Erklärung der nämlichen Frage dienen, die wir oben in bezug auf das Eisen- und Tonerdephosphat besprochen haben: wenn es sich erweisen sollte, dass die Quantitäten der ausgeschiedenen Kohlensäure sich ändern und zwar parallel mit der Lösungsenergie des Wurzelsystems verschiedener Pflanzen, wenn die Eisen- und Tonerdephosphate sich nicht als widerstandsfähig erweisen, sondern der Einwirkung des kohlensauren Wassers nachgeben sollten — dann lässt sich behaupten, dass es ganz unnötig sei, die Anwesenheit freier, organischer Säuren in den Wurzelausscheidungen anzunehmen. Bei einem entgegengesetzten Resultate müsste man eine derartige Annahme behalten.

Zum Schluss ist noch eine Beobachtung CZAPEK's zu erwähnen, nämlich dass die Wurzelausscheidungen saure Phosphate enthalten. Diese Beobachtung ist bei keimenden Samen gemacht worden, und in diesem Falle ist ein solches Resultat vollständig begreiflich: bei

1) Wir führen nicht das bei löslichen Phosphaten gewonnene Gewicht an, da die Lupine gegen dessen saure Reaktion empfindlich ist und in diesem Falle keine normale Entwicklung erreicht.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

der Keimung haben die Zerfallsprozesse das Übergewicht über die Syntheseprozesse, das Eiweiss ist der Hydrolyse und der Oxydation unterworfen, wobei Schwefel und Phosphor des Eiweisses teilweise in Schwefel- und Phosphorsäure übergehen (wie es die Arbeiten von E. SCHULZE und L. IWANOW bezeugen). Da die Phosphorsäure in den keimenden Samen wegen des Übergewichts des Zerfalls über die Synthese nicht verbraucht wird und folglich in relativem Überfluss vorhanden ist, so ist es natürlich, dass die Phosphate in die Wurzelausscheidungen der Keimlinge übergehen können; aber es wäre unrichtig, dieses Resultat auf eine ausgewachsene normale Pflanze zu übertragen, in welcher die Syntheseprozesse überwiegen und welche die Phosphate verbraucht, um dieselben in organische Verbindungen überzuführen, und welche allerdings die Phosphorsäure nicht regelmässig wieder dem Boden abgeben kann.

Moskau, Februar 1904.

---

28. K. Giesenhagen: Sorica Dusenii n. gen. und n. sp., ein im Farnsorus lebender Askomycet.

Mit Tafel XIII.

Eingegangen am 29. Februar 1904.

Durch die Güte des Herrn Oberlandesgerichtsrates Dr. H. CHRIST in Basel gelangte ich vor einiger Zeit in den Besitz eines von DUSÉN in Brasilien gesammelten Wedels von *Polypodium crassifolium*, dessen Sori grösstenteils eine höchst merkwürdige Missbildung aufwiesen. Aus den grossen rötlichbraunen Sporangienhaufen sprossten nach allen Richtungen zahlreiche, feine, schwarze Fäden hervor (Fig. 1), die bisweilen am vorderen Ende eine makroskopisch sichtbare, knopfige Anschwellung aufwiesen. Die Fäden, welche im vorgeschrittenen Entwicklungsstadium um mehr als Millimeterlänge die gestielten Sporangien überragen, sind einfach, unverzweigt und ziemlich gerade gestreckt und im trockenen Zustande hornartig starr. Die Sporangien in den derart mit Fäden durchsetzten Sori erwiesen sich als unverändert, und wo nicht bereits die Ausstreuung der Sporen stattgefunden hatte, mit nach Form und Aussehen normalen Sporen versehen. Auch die Blattfläche zwischen den mit Fäden versehenen Sori zeigte ihre natürliche Beschaffenheit.

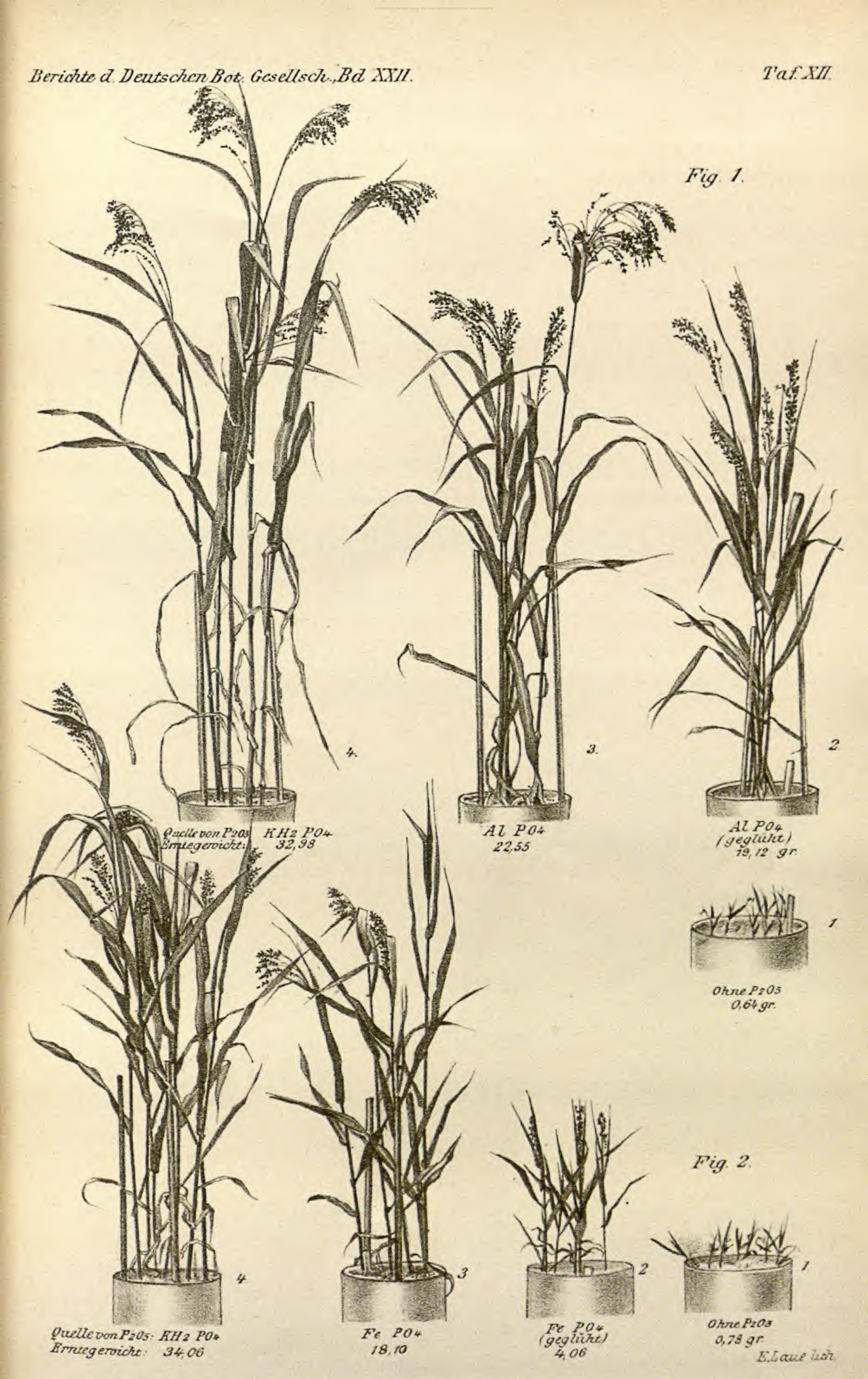
Fig. 1.
Quelle von P2O5 KH2 PO4
Ernte gewicht: 32,98
4.
Al PO4
22,55
3.
Al PO4
(geglüht)
19,12 gr.
2
1
Ohne P2O5
0,64 gr.
Fig. 2.
Quelle von P2O5: KH2 PO4
Ernte gewicht: 34,06
4
Fe PO4
18,10
3
Fe PO4
(geglüht)
4,06
2
Ohne P2O5
0,78 gr.
1
E. Laue lith.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1904

Band/Volume: 22

Autor(en)/Author(s): Prianischnikow D.

Artikel/Article: Zur Frage über die Wurzelausscheidungen. 184-191