A. MAKSIMOW

Institut für Agriculturchemie der Landwirtschaftlichen Hochschule. Warszawa.

ÜBER ELEKTRODIALYSE VON PFLANZEN.

EINLEITUNG.

Kostytschew (7) behauptet in seiner "Physiologie der Pflanzen", dass sowohl in den Pflanzen als auch im Boden ein Sorbtions-Komplex existiert, der in gewissem Grade mit Alkalien gesättigt ist. Was den Sorbtions-Komplex des Bodens anbetrifft, so wurde er mittels chemischer wie physikochemischer Methoden gründlich untersucht; der Sorbtions-Komplex der Pflanzen dagegen ist bisher kaum untersucht worden. Hierfür kann man nur einige Arbeiten anführen. Die ersten dieser Art waren Versuche, in denen man bestrebt war, aus getrocknetem Pflanzenmaterial mit Hilfe von Wasser solche Alkalien, wie Calcium, Kalium, Magnesium und Natrium auszulaugen. Zu diesen Forschern gehören: Aso (nach 2, 3), Cooner und Abbot (3), Haas (4), Reed und Haas (10). Sie stellten fest, dass man schon mit reinem Wasser aus bestimmtem Pflanzenmaterial vollständig oder teilweise gewisse Alkalien auslaugen kann. Ähnliche Methoden, wie die zur Untersuchung des Sorbtions - Komplexes des Bodens angewandten, wurden auch zur Untersuchung von Pflanzensubstanz zum ersten Mal von Kostytschew und seinen Mitarbeitern angewandt (5, 6). Diese Methoden beruhten auf dem Austausch von Alkalien aus dem Pflanzenmaterial gegen Natriumchlorid bezw. gegen schwache Säuren. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen waren insofern interessant, als és gelungen ist, beinahe das gesammte Calcium und Kalium aus der Pflanzensubstanz schon durch blosse Wasserbehandlung oder durch Behandlung mit Salzlösungen oder schwachen Säuren herauszulösen. Ähnliche Resultate erzielte Rissmann (11) durch die Behandlung junger, getrockneter Weizen-und Haferpflanzen mit Wasser und Essigsäure.

Aus dieser kurzen Durchsicht der Literatur ergibt sich, dass man bei dem in Pflanzen vorhandenen Sorbtions-Komplex bisher nicht die Methoden anwandte, welche so grosse Erfolge bei der Untersuchung des Sorbtions-Komplexes des Bodens zeitigten. Ausserdem kann man sagen, dass die bisherigen Untersuchungen eher einen fragmentarischen Charakter besitzen.

Bei Untersuchungen über den Sorbtions-Komplex des Bodens wendet man mit grossem Erfolg elektrodialytische Methoden an. Unsere Untersuchungen bezüglich des Sorbtions-Komplexes des Bodens haben erwiesen, dass die Anwendung von elektrodialytischen Methoden gute und mit den chemischen Methoden übereinstimmende Resultate ergibt.

Wir haben uns also entschlossen, die elektrodialytische Methode in dieser Form auch beim Pflanzenmaterial anzuwenden.

EIGENE UNTERSUCHUNGEN.

Für die Untersuchungen verwandte ich eine Apparatur eigener Konstruktion, deren genaue Beschreibung in meiner unter 8 zitierten Arbeit zu finden ist. In dieser Apparatur ersetzte ich nur die Kupfer-Kathode durch eine Platin-Kathode und zwar aus dem Grunde, weil Kupfer sich nicht als genügend widerstandsfähig gegen die sich auf ihm bildenden Substanzen erwies.

Die Untersuchungen wurden auf die Weise durchgeführt, dass das getrocknete Pflanzenmaterial zwischen den Elektroden untergebracht und der Einwirkung elektrischen Stroms von verschiedener elektromotorischer Kraft, die in den Gren zen von 20 — 80 V schwankte, ausgesetzt wurde.

Schon unsere ersten Versuche zeigten, dass unter der Einwirkung des elektrischen Stromes aus dem Pflanzenmaterial auf der Kathode nicht nur Mineral-Basen sich ausscheiden, sonden auch organische Basen: Alkaloide, sowie gewisse uns nicht näher bekannte Farbstoffe. Ähnlich werden auf der Anode anorganische und organische Säuren ausgeschieden. In unseren Untersuchungen richteten wir unser Augenmerk lediglich auf die Alkalien und die anorganischen Säuren; mit den organischen Basen befassten wir uns dagegen nur flüchtig, wie z.B. mit Nikotin.

Da die elektrodialytischen Produkte mehr oder weniger stark gefärbt waren, so war es infolgedessen unmöglich, die Summe der ausgeschiedenen Basen genauer durch Titrieren allein zu bestimmen. Man hatte darum jede Base einzeln durch die allgemein anerkannten Methoden bestimmen müssen.

ANALYTISCHE METHODEN.

Die Produkte der Elektro-Filtration waren nach Zusatz von Salzsäure bis zur Trockenheit abgedampft, hierauf zwecks Beseitigung der organischen Substanzen mit konzentrierter Salpetersäure behandelt. Nachher wurden sie wieder zwecks Abscheidung der Kieselsäure mit Salzsäure abgedampft. Nach dem Trocknen bei 1200 musste man den Rest der organischen Substanz mit Hilfe von Wasserstoffsuperoxyd beseitigen.

Nach Beseitigung der organischen Substanz und der Kieselsäure wurden bestimmt:

- 1. Calcium oxydometrisch, durch Titrierung des Calciumoxalats mit Kaliumpermanganat.
- 2. Magnesium durch Abcheidung in Form von Magnesiumpyrophosphat und darauffolgende Titrierung mit Salzsäure.
 - 3. Kalium als Kaliumperchlorat.
- 4. Natrium mittels der Piper'schen Methode durch Abscheidung mittels Magnesiumuranylacetat.
 - 5. Phosphorsäure mittels der Molydänmethode nach Lorenz.
- 6. Nikotin in den Blattpflanzen wurde es durch Auflösung im Toluol und im Elektrofiltrat mit Hilfe von Silicium - Wolframsäure abgeschieden.

Zwecks Orientierung in den oben angeführten Problemen verwandte ich für meine Untersuchungen das verschiedenartigste Pflanzenmaterial, und zwar: Tabak, Stroh, Getreidemehl, sowie Samen verschiedener Pflanzen. Die Ergebnisse sind nach dem Pflanzenmaterial angeführt. In allen Fällen wurden die Elektrofiltrate sowie das Pflanzenmaterial vor und nach der Elektrofiltration analysiert.

TABAKBLÄTTER.

Ich begann meine Untersuchungen mit getrockneten und gemahlenen Tabakblättern deshalb, weil ich über verschiedene Tabakvarietäten mit recht schwankender chemischer Zusammensetzung verfügte. Während der Elektrofiltration wurde in stündlichen Abständen der Strom ausgeschaltet und die Produkte der Elektrofiltrate nach sofortiger Analyse entfernt; darauf wurde die Pflanzensubstanz mit Wasser übergossen und von neuem der Einwirkung des elektrischen Stroms ausgesetzt. Durch ein deratiges Verfahren war es möglich, nicht nur die gesamte Menge der chemischen Bestandteile, die man mittels der Elektrofiltration aus den Pflanzen entfernen kann, zu

TABELLE L

	1	2	3	4	
Gefunden	Vor d. Elektro- filtr.	Nach d. Elektro- filtr.	Im Elektro- filtr.	Summe	
CaO	3,78	2,49	1,34	3,83	Nr. 1 Zigarrentabak
K ₂ O	3,20	0,00	3,12	3,12	8
Na ₂ O	0,13	0,03	0,09	0,12	
MgO	_		_	_	
P_2O_5	0,45	0,14	0.34	0,48	
Nikotin	0,89	0,00	0,90	0,90	
CaO	7,21	3,50	3,69	7,19	Nr. 2 Zigarrentabak
K ₂ O	3,95	Spuren	3,80	3,80	8
Na ₂ O	0,25	0,02	0,23	0,25	
MgO	_	_	_	_	
P_2O_5	0,48	0,11	0,38	0,49	
Nikotin	1,53	0,00	1,56	1,56	
CaO	8,55	4,50	4,00	8,50	Nr. 3 Zigarrentabak
K ₂ O	2,00	0,00	1,93	1,93	B
Na ₂ O	0,14	0.02	0,12	0,14	
MgO	1,57	0,40	1,16	1,56	
P_2O_5	0,54	0,15	0,39	0,54	
Nikotin	1,29	0,00	1,33	1,33	
CaO	5,75	3,40	2,28	5,68	Nr. 4 Zigarettentabak
K ₂ O	3,79	0,00	3,77	3,77	- I I I I I I I I I I I I I I I I I I I
Na ₂ O	0,22	0,03	0,18	0,21	
MgO	_	_	_		
P_2O_5	0,77	0,38	0,41	0,79	
Nikotin	1,42	0,00	1,40	1,40	

bestimmen, aber überdies ermöglichte dieses Verfahren uns eine genügende Orientierung über den ganzen Verlauf der Elektrofiltration. Tab. I gibt den gesamten Gehalt an Calcium, Kalium, Natrium, Magnesium, Phosphorsäure und Nikotin in den verschiedenen Tabaksorten an. Ausserdem sind in dieser Tabelle die Mengen der Bestandteile angegeben, die mittels des elektrischen Stroms aus dem Tabak ausgeschieden wurden, sowie diejenigen, welche nach der Elektrofiltration im Tabak noch verblieben. Diese beiden Rubriken müssten summarisch die erste Rubrik ergeben. Die unbedeutenden Unterschiede zwischen der ersten und vierten Rubrik sind auf analytische Fehler zurückzuführen.

Wie aus Tab. I ersichtlich, ist die chemische Zusammensetzung der Tabakblätter inbezug auf alle Bestandteilerecht schwankend; dies betrifft insbesondere das Calcium, dessen Gehalt $3-8^{\circ}/_{0}$ beträgt. Diese Tabelle zeigt uns weiter, dass man durch die von uns gewählte elektromotorische Kraft von 20 V das ganze Kalium wie das Nikotin aus dem Tabak in das Elektrofliltrat überführen kann. Anders verhält es sich mit dem Calcium und Natrium. Calcium wurde nur in verhältnismässig geringer Menge aus der Pflanze ausgeschieden, u. zw. zu $33-50^{\circ}/_{0}$ (vergl. Tab. II).

Nr. der Tabakprobe	°/ ₀ CaO im Tabak	°/ ₀ CaO im Elektrofiltrat	⁰ / ₀ des ausgeschie denen. CaO im Verhältnis zu sei- nem Gesamtgehal in der Pflanze
Nr. 1	3.78	1.34	33 0/0
Nr. 4	5.75	2.28	36 0/0
Nr. 3	8.55	4.00	450/0
Nr. 2	7.21	3.69	51 º/o

TABELLE II.

Es erweckt den Anschein, dass die Menge des ausgeschiedenen Calciums von dem Calciumgehalt der Pflanze abhängig ist. Je höher der prozentuelle Calciumgehalt ist, umsogrössere Mengen gehen davon ins Elektrofiltrat über.

Der Natriumgehalt wies in unseren Tabaken keine grossen Schwankungen auf. Im Elektrofiltrat finden wir zwar schwankende Natriummengen vor, dagegen verbleibt in der Pflanze nach der Elekrofiltration stets ungefähr die gleiche Natriummenge, u. zw. etwa 0.02%. Die Natriummengen, die wir im Elektrofiltrat vorfinden, sind deutlich von dem prozentuellen Natriumgehalt der Pflanze abhängig (vergl. Tab. III).

TA	D	12	т :	r 1	D :	TT	r
1 1	D	r.			r.		١.

Nr. der Tabakprobe	⁰ / ₀ Na ₂ O im Tabak	⁰ / ₀ Na ₂ O im Elektrofiltrat	⁰ / ₀ des ausgeschie- nen. Na ₂ O im Ver- hältnis zu seinem Gesamtgehalt in der Pflanz
Nr. 1	0.13	0.09	70%
Nr. 3	0.14	0.12	850/0
Nr. 4	0.22	0,18	810/0
Nr. 2	0.25	0.23	920/0

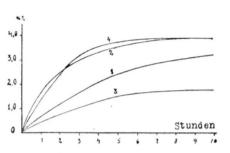
Die Phosphorsäure kann, wie vorauszusehen war, nur teilweise durch die Elektrofiltration beseitigt werden. Die Menge der aus der Pflanze beseitigten Phosphorsäure ist ebenfalls von ihrem Gehalt in der Pflanze abhängig. Was die ersten drei Tabaksorten anbetrifft, so ist die Menge der Phosphorsäure welche in der Pflanze verblieb, ungefähr gleich. Die letzte Tabaksorte weist aber einen höheren Gehalt an Phosphorsäure auf, und nach der Elektrofiltration ist der prozentuelle Gehalt an Phosphorsäure hier erheblich höher als in den ersten drei Tabaksorten.

Die analytischen Ergebnisse, die den Verlauf der Elektrofiltration betreffen, können wir hier nur graphisch darstellen. Für jede Tabaksorte führen wir zwei Kurven an: die eine bezieht sich auf den Prozentsatz der abgesonderten Bestandteile im Verhältnis zur Trockensubstanz — die andere dagegen auf den Prozentsatz der ausgeschiedenen Bestandteile im Verhältnis zu ihrem Gesamtgehalt im Tabak (vergl. Fig. 58—61a).

Aus diesen Kurven ist ersichtlich, dass sowohl Kalium als auch Natrium durch die Elektrofiltration aus dem Tabak am schnellsten und leichtesten völlig ausgeschieden werden, u. zw. schon nach 3 — 4 Stunden.

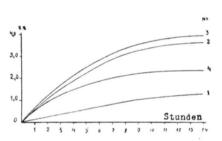
Calcium wird erheblich langsamer ausgeschieden und, wie schon erwähnt, nur in $\pm 50~{}^{\rm o}/_{\rm o}$.

Der Auscheidungsprozess von Nikotin verläuft ähnlich demjenigen von Phosphor und Natrium; eine Ausnahme hier-



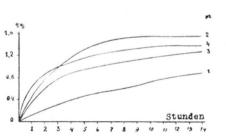
 K_2O in 0/0/0 der Trockensubstanz.

Fig. 58. Tabak.



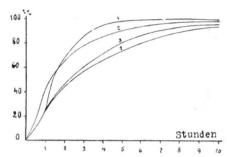
CaO in 0/00/0 der Trockensubstanz.

Fig. 59. Tabak.



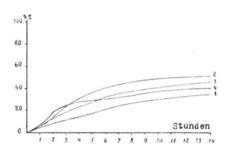
Nikotin in ⁰/₀⁰/₀ der Trockensubstanz.

Fig. 60. Tabak.



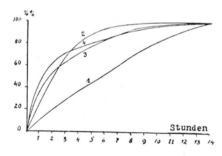
Prozentsatz des abgegebenen K₂O im Verhältnis zu seinem Gesamtgehalt in den Blättern.

Fig. 58a. Tabak.



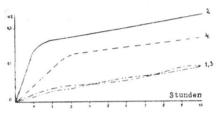
Prozentsatz des abgegebenen CaO im Verhältnis zu seinem Gesamtgehalt in den Blättern.

Fig. 59a. Tabak.



Prozentsatz des abgegebenen Nikotins im Verhältnis zu seinem Gesamtgehalt in den Blättern.

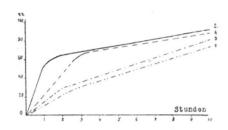
Fig. 60a. Tabak.



Na2O in 0/00/0 der Trockensubstanz.

_	_		-		Tabak
-	-		-		,,
	٠	_	٠	_	,,

Fig. 61. Blätter.



Prozentsatz des abgegebenen Na₂O im Verhältnis zu seinem Gesamtgehalt in der

		PHanze	
2.	_		Tabak
4.			91
3.	-		.,
1.		• • - • •	,,

Fig. 61a. Blätter.

von macht Tabak Nr. 1, der übrigens einen höheren Nikotingehalt aufweist.

Zwecks Prüfung des Einflusses der elektromotorischen Kraft auf das Endergebnis sowie den Verlauf der Elektrofiltration wandte man bei zwei bereits untersuchten Tabaken eine höhere E.K. an, und zwar bei Tabak Nr. 3 und 4. Die

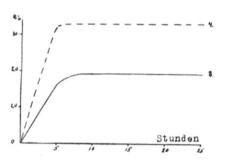
TABELLE IV.

	1	2	3	4	
Gefunden	Vor d. Elektro- filtr.	Nach d. Elektro- filtr.	Im Elektro- filtrat	Summe	
CaO	8,55	3,05	5,46	8,51	Nr. 3 Zigarrentabak
K ₂ O	2,00	0,00	1,95	1,95	
Na_2O	0,14	Spuren	0,13	0,13	
MgO	1,57	0,00	1,60	1,60	
P_2O_5	0,54	0,11	0,44	0,55	,
Nikotin	1,29	0,00	1,30	1,30	
CaO	5,75	2,25	3,59	5,84	Nr. 4 Zigarettentaba
K_2O	3,79	0,00	3,70	3,70	
Na ₂ O	0,22	Spuren	0,20	0,20	
P_2O_5	0,77	0,30	0,45	0,75	
Nikotin	1,42	0,00	1,45	1,45	

hier angewandte E. K. betrug 60 V. In diesen Versuchen wurde die Elektrofiltration nur alle 5 Stunden unterbrochen, während die vollständige Elektrofiltration 25 Stunden dauerte.

Die Endergebnisse sind in Tab. IV angegeben, und der Verlauf der Elektrofiltration in den Fig. 62 bis 64a.

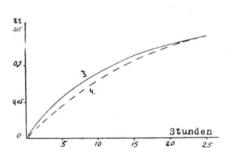
Wir sehen, dass unter dem Einfluss der höheren E. K. die Menge des ausgeschiedenen Calciums und Natrium grösser wird; jedoch konnte weder das Calcium noch das Natrium unter dem Einfluss dieser höheren E. K. vollständig aus dem Tabak entfernt worden.



K2O in 0/00/0 der Trockensubstanz.

3. — Tabak a 4. — — ,, b

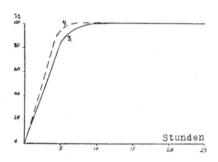
Fig. 62. Tabakblätter.



 Na_2O in 0/0/0 der Trockensubstanz.

_____ Tabak a

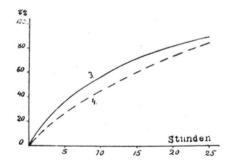
Fig. 63. Tabakblätter.



Prozentsatz den abgegebenen K₂O im Verhältnis zu seinem Gesamtgehalt in der Pflanze.

> 3. ——— Tabak a 4. — — — " b

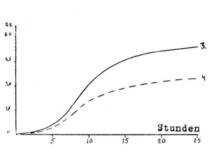
Fig. 62a. Tabakblätter.

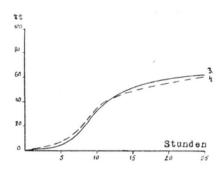


Prozentsatz des abgegebenen Na₂O im Verhältnis zu seinem Gesamtgehalt in der Pflanze.

———— Tabak a

Fig. 63a. Tabakblätter.





CaO in ⁰/₀⁰/₀ der Trockensubstanz.

———— Tabak a ———— ,, b

Fig. 64. Tabakblätter.

Prozensatz des abgegebenen CaO im Verhältnis zu seinem Gesamtgehalt in der Pflanze.

Tabak a

Fig. 64a. Tabakblätter.

Ausser diesen 4 Tabaksorten wurden noch 2 Zigarettentabake untersucht, die sich durch einen grossen Natriumgehalt auszeichneten. Die Ergebnisse sind in Tab. V angeführt.

Wir sehen, dass auch in diesem Falle nur das Kalium und das Nikotin gänzlich beseitigt worden sind; das Calcium konnte nur in \pm 30%, das Natrium in \pm 85%, beseitigt werden.

TABELLE V.

	1	2	3	4	
Gefunden	Vor d. Elektro- filtr.	Nach d. Elektro- filtr.	Im Elektro- filtrat	Summe	
CaO	4,06	2,70	1,32	4,02	Nr. 5 Zigarettentabak
K ₂ O	4,75	0,00	4,70	4,70	
Na ₂ O	0,89	0,14	0,76	0,90	
P_2O_5	_		0,33	0,33	
Nikotin	1,45	0,00	1,47	1,47	
CaO	3,78	2,55	1,25	3,80	Nr. 6 Zigarettentabak
K,O	3,25	0,00	3,30	3,30	The bag are treatment
Na ₂ O	0,73	0,10	0.60	0,75	
P2O5	_	_	0,31	0,31	
Nikotin	0,89	0.00	0,90	0,90	

Auf Grund der oben dargestellten Ergebnisse mit Tabak kann man zusammenfassend sagen:

- 1. Am leichtesten und schnellsten wird Kalium, hierauf Nikotin beseitigt. Sowohl das Kalium als auch das Nikotin werden schon unter Einwirkung eines schwachen Stroms im Laufe von einigen Stunden vollständig entfernt.
- 2. Calcium wird langsam und allmählich bei den von uns angewandten E. K. von 20 60 V. beseitigt, niemals aber vollständig, sondern höchstens zu \pm 60 %.
- 3. Natrium wird ebenfalls langsamer als Kalium und nie vollständig beseitigt, aber immerhin in grösseren Mengen als Calcium, da in + 85 $^{\circ}/_{\circ}$.
- 4. Die Menge des entfernten Calciums und Natriums ist abhängig von ihrem Gehalt in der Pflanze, sowie von der angewandten elektromotorischen Kraft. Der Einfluss der E. K. auf das Kalium ist nicht feststellbar, wahrscheinlich wegen seiner grossen Beweglichkeit. Die Anwendung schwächerer Ströme dürfte auch inbezug auf Kalium ähnliche Resultate zeitigen, wie bei Calcium und Natrium.

GETREIDESTROH.

Weitere Untersuchungen wurden an Gersten - Hafer - und Maisstroh unternommen. Das Gersten - und Haferstroh stammte aus Gefässversuchen, das Maisstroh aus Wasserkulturen.

Alle diese Stroharten wurden vorher auf ihren Gehalt an Mineralbestandteilen untersucht. Die Elektrofiltration wurde ähnlich wie diejenige mit den Tabakblättern durchgeführt. Das Pflanzenmaterial wurde gründlich durchgemahlen. Die zur Elektrofiltration angewandten Strohproben wogen je 10—20 Gramm. Die E. K. betrug 30 V., und die erzielte Stromstärke betrug erheblich weniger als bei Tabak, und zwar 0.2—0.3 Amp. Ähnlich wie bei Tabak, wurde der Strom jede Stunde unterbrochen und in den Elektrofiltraten die entsprechenden Mineralbestandteile bestimmt. Dieses Verfahren erlaubte nicht nur die Bestimmung der abgesonderten Bestandteile, sondern auch eine Veranschaulichung des Verlaufs der Elektrofiltration.

Die Ergebnisse, die die Endmengen der durch Elektrofiltration ausgesonderten Bestandteile betreffen, sind in Tab. VI angegeben, der Verlauf der Elektrifiltration ist den Fig. 65 bis 67a angeführt.

TABELLE VI.

	a	b	c c	b c	
	Vor d. Elektro- filtr.	Nach d. Elektro- filtr.	Im Elektro- filtrat	Summe	
CaO	0,44	0,00	0,45	0,45	Pr. Nr. 7. Gerstenstrol
K ₂ O	2,00	0,00	1,98	1,98	aus Gefässversuchen,
Na ₂ O	1,14	0,10	1,05	1,15	gedünkt mit Na-K
MgO	0,14	0,00	0,13	1,13	
$\mathrm{P_2O_5}$	0,15	0,06	0,10	0,16	
CaO	1,10	0,00	1,10	1,10	Pr. Nr. 8. Haferstroh
K ₂ O	1,41	0,00	1,40	1,40	aus Gefässversuchen,
Na ₂ O	1,95	0,20	1,78	1,98	gedüngt mit Na-K
MgO	0,17	0,00	0,17	0,17	
P_2O_5	0,10	0,04	0,08	0,12	
CaO	0,55	Spuren	0,49	0,49	Pr. Nr. 9. Maishalme
K,O	3,55	0,00	3,60	3,60	aus Wasserkulturen
Na ₂ O	0,15	Spuren	0,13	0,13	Sammlung II.
MgO	1,31	Spuren	1,28	1,28	
$\mathrm{P_2O_5}$	1,10	0,22	0,84	1,06	
CaO	0,47	0,00	0,48	0,48	Pr. Nr. 10. Maishalme
K_2O	2,10	Spuren	2,01	2,01	aus Wasserkulturen,
Na_2O	0,12	Spuren	0,11	0,11	Sammlung III.
MgO	0,11	0,00	0,12	0,12	
P_2O_5	0,75	0,15	0,58	0,73	

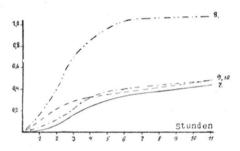
Aus Tab. VI sehen wir, dass man aus Getreidestroh mittels Elektrofiltration nicht nur das gesamte Kalium ausscheiden kann, wie dies ja auch bei den Tabakblättern der Fall war, sondern auch das gesamte Calcium und Magnesium, die sich aus Tabak sogar bei hoher E. K. 60 — 80 V nicht abscheiden liessen.

Wir können sagen, dass man aus dem Getreidestroh alle Kationen mit Ausnahme von Natrium, das in ungefähr $10\,^{\circ}/_{\circ}$ verbleibt, — ausscheiden kann.

Das Verhalten der Phosphorsäure ist hier ähnlich wie bei den Tabakblättern.

Der ganze Verlauf der Elektrofiltration ist hier grundsätzlich der gleiche wie bei Tabak. Das Kalium und auch Natrium werden am schnellsten beseitigt, das Calcium dagegen erheblich langsamer.

Um den Einfluss des Alters der Pflanze auf die Mengen der ausgesonderten Alkalien zu prüfen, wurde Mais, welcher

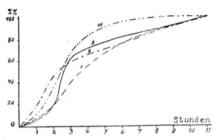


CaO in $^0/_0^0/_0$ der Trockensubstanz.

7. ———— Gerstenstroh 10. — — — Maisstroh b

8. - · · - · · Haferstroh

Fig. 65. Stroh.



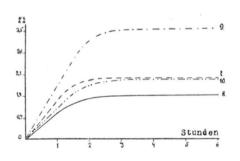
Prozentsatz des abgegebenen CaO im Verhältnis zu seinem Gesamtgehalt in der Pflanze.

8. — Haferstroh

7. — — — Gerstenstroh 9. — . — . — Maisstroh a

10. — · · — · · ,, I

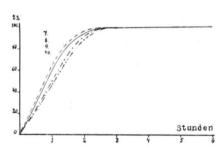
Fig. 65a. Stroh.



 K_2O in 0/0/0 der Trockensubstanz.

8. — Haferstroh
7. — — Gerstenstroh
9. — · — Maisstroh a
10. — · — · , b

Fig. 66. Stroh.



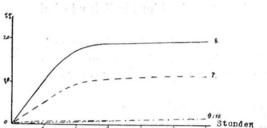
Prozentsatz des abgegebenen K₂O im Verhältnis zu seinem Gesamtgehalt in der Pflanze.

8. — Haferstroh

7. - - - Gerstenstroh

9. — · — · — Maisstroh a

Fig. 66a. Strob.



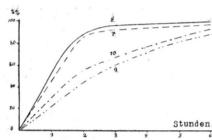
Na2O in der 0/00/0 Trockensubstanz.

8. — Haferstroh
7. — — — Gerstenstroh

10. — \cdot — \cdot — Maisstroh a

9. — · · — · · ,, b

Fig. 67. Stroh.



Prozentsatz des abgegebenen Na₂O im Verhältnis zu seinem Gesamtgehalt in der Pflanze,

8. — Haferstroh
7. — — Gerstenstroh
10. — · — Maisstroh a
9. — · — · , b

Fig. 67a. Stroh.

T	A	\mathbf{B}	E	L	L	\mathbf{E}	VII.

			BELLE	V 11.					
	Aschenbestandtteile in $^0/_0$ $^0/_0$ der Trockensubstanz								
	a	b	c	b c					
Gefunden	Vor d. Elektro- filtr.	Nach d. Elektro- filtr.	Im Elektro- filtrat	Summe					
CaO	0,820	0,000	0,820	0,820	Pr. Nr. 11. Maishalme				
K ₂ O	5,900	0,000	5,850	5,850	aus Gefässversuchen,				
Na ₂ O	0,084	0,017	0,065	0,082	Sammlung I.				
$_{\rm MgO}$	0,270	0,000	0,260	0,260					
$\mathrm{P_2O_5}$	1,350	0,120	1,190	1,310					
CaO	0,71	0,00	0,72	0,72	Pr. Nr. 13. Maishalme				
K ₂ O	5,15	0,00	5,20	5,20	aus Gefässversuchen				
Na_2O	0,09	Spuren	0,08	0,08	Sammlung II.				
MgO	1,89	Spuren	1,78	1,78					
$\mathrm{P_2O_5}$	1,13	0,24	0,90	1,14					
CaO	0,49	0,00	0,50	0,50	Pr. Nr. 14. Maishalme				
$K_{\dot{z}}O$	2,88	0,00	2,89	2,89	aus Gefässversuchen				
Na ₂ O	0,05	Spuren	0,04	0,04	Sammlung III.				
MgO	1,33	Spuren	1,25	1,25					
P_2O_5	0,73	0,17	0,55	0,72					
CaO	0,58	0,00	0,57	0,57	Pr. Nr. 15. Maishalme				
K_2O	2,60	0,00	2,60	2,60	vom Versuchsfeld				
Na_2O	0,06	Spuren	0,05	0,05	nicht gedüngt.				
$_{\rm MgO}$	0,15	0,00	0,15	0,15	,				
P_2O_5	1,16	0,36	0,81	1,17					

in drei Terminen aus Wasserkulturen abgeerntet war, einer Elektrofiltration unterzogen, und zum Vergleich reifes Maisstroh vom Versuchsfeld.

Die Ergebnisse dieser Bestimmungen sind in Tab. VII angeführt.

Wir sehen, dass bei der angewandten Intensität alle Kationen des Getreides, ausser Natrium — aus den Pflanzen vollständig, ohne Rücksicht auf ihr Alter, ausgeschieden werden können.

MEHL VON GETREIDEPFLANZEN

Für die Untersuchungen verwandte man Hafer- und Gerstenmehl. Die Ergebnisse sind in Tab. VIII, VIIIa und IX angeführt. Wie wir sehen, ist das Verhalten des Getreidepflanzenmehls ähnlich wie das des Strohs. Man kann aus dem Mehl alle Kationen ausscheiden, ausser Natrium.

TABELLE VIII.

	a	b	с	b c	
Gefunden	Vor d. Elektro- filtr.	Nach d. Elektro- filtr.	Im Elektro- filtrat	Summe	
CaO	0,20	0,00	0,20	0,20	Pr. Nr. 19. Hafermehl
K ₂ O	0,80	0,00	0,79	0,79	aus Gefässversuchen.
Na_2O	0,06	Spuren	0,05	0,05	
P ₂ O ₅	_	_	0,10	0,10	
CaO	0,17	0,00	0,18	0,18	Pr. Nr. 20. Hafermehl
K_2O	0,74	0,00	0,73	0,73	aus Gefässversuchen.
Na_2O	0,07	Spuren	0,06	0,06	
P_2O_5	_	_	0,11	0,11	
CaO	0,16	0,00	0,16	0,16	Pr. Nr. 21. Hafermehl
K ₂ O	0,75	Spuren	0,74	0,74	aus Gefässversuchen.
Na ₂ O	0,13	Spuren	0,11	0,11	
P_2O_5		_	0,10	0,10	1 1 1 1 1 1 1 m

TABELLE VIII-a.

	a	b	с	ьс	
Gefunden	Vor d. Elektro- filtr.	Nach d. Elektro- filtr.	Im Elektro- filtrat	Summe	
CaO	0,91	0,00	0,91	0,91	Pr. Nr. 16. Haferstroh
K_2O	1,87	0,00	1,86	1,86	aus Gefässversuchen,
Na ₂ O	0,38	Spuren	0,36	0,36	gedüngt mit Na-K
MgO	0,35	Spuren	0,33	0,33	
$\mathrm{P_2O_5}$	0,13	0,07	0,05	0,12	
CaO	0,93	0,00	0,94	0,94	Pr. Nr. 17. Haferstrol
K ₂ O	1,45	0,00	1,46	1,46	aus Gefässversuchen,
Na ₂ O	0,32	0,02	0,29	0,31	gedüngt mit Na-K
MgO	0,27	Spuren	0,25	0,25	
P_2O_5	0,10	0,04	0,07	0,11	
CaO	0,49	0,00	0,49	0,49	Pr. Nr. 18. Haferstrob
K ₂ O	2,02	Spuren	2,01	2,01	aus Gefässversuchen,
Na ₂ O	0,25	0,03	0,23	0,26	gedüngt mit Na-K
MgO	0,28	Spuren	0,26	0,26	
P_2O_5	0,41	0,21	0,22	0,43	

SAMEN.

Bei dieser Untersuchung wurden zur Elektrofiltration verschiedene Samen verwandt: Getreide-, Leguminosen- und Oelsamen. Die Getreidesamen wurden der Elektrofiltration während 9 Stunden ausgesetzt, die Leguminosen- und Oelsamen während 10 Stunden, bei einer ständigen E. K. 30 V. Vor der Elektrofiltration wurden die Samen analysiert; daraufhin geschah dasselbe mit den Elektrofiltraten. Nach der Elektrofiltration wurden die Samen nicht analysiert und die Menge der verbliebenen Bestandteile berechnete man nur aus der Differenz. Die Ergebnisse der Analysen sind in Tab. X angeführt. Aus dieser Tab. ist zu ersehen, dass eine 9-bis 10 stündige Elektrofiltration bei einer E. K. von 30 V. nicht ausreicht, um die Basen und die Phosphorsäure aus den Samen vollständig zu beseitigen. Insbesondere ist die sehr ge-

TABELLE IX.

	1	,	1	1	1
	a	b	c	<u></u> b с	
Gefunden	Vor d. Elektro- filtr.	Nach d. Elektro- filtr.	Im Elektro- filtrat	Summe	
CaO ·	0,22	0,00	0,23	0,23	Pr. Nr. 22. Gersten
K_2O	0,71	0,00	0,70	0,70	mehl aus Gefässver
Na ₂ O	0,09	0,02	0,07	0,09	suchen.
$_{ m MgO}$	_	0,00	0,14	0,14	
P_2O_5	0,14	0,07	0,08	0,15	9 4
Ca O	0,29	0,00	0,29	0,29	Pr. Nr. 23. Gersten
K ₂ O	0,70	0,00	0,70	0,70	mehl aus Gefässver
Na ₂ O	0,08	0,04	0,05	0,09	suchen.
MgO	_	0,00	0,16	0,16	
P_2O_5	0,16	0,05	0,10	0,15	
CaO	0,27	0,00	0,27	0,27	Pr. Nr. 24. Hafermel
K ₂ O	0,81	Spuren	0,79	0,79	aus Gefässversuche
Na ₂ O	0,07	0,02	0,05	0,07	
MgO	_	0,60	0,15	0,15	
P_2O_5	0,16	0,05	0,12	0,17	

ringe Menge der ausgeschiedenen Phosphorsäure auffallend. Wir sahen es davon ab, die in der Tab. aufgeführten Samen einer weiteren Elektrofiltration zu unterweifen und zwar deshalb, weil wir den Einfluss der teilweisen Demineralisation der Samen auf ihren Keimprozess untersuchen wollten. Zu diesen Zwecke liess man nach der Elektrofiltration diese Samen, wie auch zur Kontrolle nicht elektrofiltrierte, keimen.

Wir führen hier keine besonderen Ergebnisse an und beschränken uns nur darauf, dass die teilweise Demineralisation der Samen durch die Elektrofiltration keinen Einfluss auf den Keimprozess der Getreidesamen hatte, dass sie dagegen wohl den Keimprozess der Leguminosen- und Oelpflanzen ungünstig beeinflusst hat.

Im weiteren Verlauf der Untersuchungen setzten wir die Getreide- und Leguminosensamen einer bedeutend längeren Elektrofiltration aus bei einer höheren E. K., u. zw. bei 60-80 V.

TABELLE X.

	Asc	henbestandtei	le von Samen	
Gefunden	Vor d. Elektrofiltr.	Aus der Differenz 1—3 nach d. Elektrofiltr.	3 Im Elektrofitrat	Samenart
CaO	0,08	0,03	0,05	Roggen
K ₂ O	0,59	0,45	0,14	
Na ₂ O	0,06	0,05	0,01	
MgO	0,11	0,05	0,06	
P_2O_5	0,83	0,80	0,05	
CaO	0,10	0,05	0,05	Gersten
K_2O	0,51	0,38	0,13	
Na ₂ O	0,09	0,07	0,02	
MgO	0,15	0,07	0,08	
P_2O_5	0,85	0,82	0,03	
CaO	0,21	0,12	0,09	Wicken
K_2O	0,78	0,13	0,65	
Na ₂ O	0,20	0,18	0,02	
MgO	0,25	0,15	0,10	
P_2O_5	1,00	0,96	0,04	
CaO	0,04	0,02	0,02	Erbsen
K_2O	1,21	0,66	0,55	
Na ₂ O	0,02	0,01	0,01	
MgO	0,14	0,09	0,05	
P_2O_5	1,01	0,98	0,03	
CaO	0,27	0,22	0,05	Blaue Lupinen
K_2O	1,15	0,96	0,19	
Na_2O	0,03	0,02	0,01	
MgO	0,47	0,32	0,15	
P_2O_5	1,38	1,35	0,03	
CaO	1,07	0,78	0,29	Hanf
K_2O	0,95	0,51	0,44	
Na_2O	0,04	0,02	0,02	
MgO	0,28	0,12	0,16	
P_2O_5	1,72	1,68	0,04	
CaO	0,27	0,07	0,20	Flachs
K_2O	0,99	0,48	0,51	
Na_2O	0,07	0,06	0,01	
MgO	0,45	0,24	0,21	
P_2O_5	1,29	1,25	0,04	

im Laufe von 30 Stunden. Doch wurde keine genauere Analyse ausgeführt und man beschränkte sich nur auf die Bestimmung der Asche in den Samen vor und nach der Elektrofiltration. Die Ergebnisse dieser Bestimmungen sind aus Tab. XI ersichtlich.

TABELLE XI.

Samenart	Vor d. Elektrofil- tration	Nach d. Elektrofil- tration
Erbsen	3,10	0,21
Peluschken	2,95	0,88
Mais	1,74	0,93
Roggen	1,45	1,05
Gersten	2,62	1,60
Weizen	2,42	1,55
Hafer	2,93	1,09

Wir sehen, dass eine vollständige Demineralisation unter diesen Umständen ausgeschlossen ist. Die Samen der Leguminosenpflanzen wurden in geringerem Grade demineralisiert als die Samen der Getreidepflanzen.

Die Untersuchungen der Keimfähigkeit der demineralisierten Samen ergaben, dass die Samen unter den letztgenannten Bedingungen ihre Keimkraft eingebüsst hatten.

ZUSAMMENFASSUNG.

Die einleitenden Untersuchungen über die Elektrofiltration von Pflanzenmaterial ergaben:

- 1. Durch die Elektrofiltration kann man aus gewissen Pflanzenmaterialien wie Stroh, gemahlenen Samen, Blättern u. a. beinahe vollständig die dort befindlichen Kationen und Anienen ausscheiden.
- 2. Von den Kationen lässt sich vollständig Kalium, Calcium und Magnesium beseitigen, und teilweise bis zu 90%— auch das Natrium, welches sich nicht vollständig beseitigen lässst.
- 3. Von den Anionen lassen sich die Phosphor-, Schwefel- und Salzsäure, sowie die organischen Säuren, entfernen.

- 4. Ausser den Kationen von anorganischem Charakter kann man aus der Pflanze auch organische Basen, wie z.B. Nikotin aus dem Tabak, beseitigen.
- 5. Von den Kationen diffundiert das Kalium am schnellsten heraus, dann folgt das Natrium und schliesslich Calcium und Magnesium.
- 6. Einen grossen Einfluss auf die Schnelligkeit der Elektrofiltration hat die elektromotorische Kraft, so dass die Hoffnung begründet ist, dass bei Anwendung verschiedener E. K. die Rolle der Ionen in den Pflanzen sowie ihre Bindungsweise sich wird näher studieren lassen.
- 7. Die Demineralisation von Samen verläuft sehr langsam und ist nicht ohne Einfluss auf deren Keimfähigkeit.

Herrn Prof. Dr. M. Görski spreche ich für die Erteilung viler Ratschläge während dieser Arbeit meinen herzlichsten Dank aus.

LITERATURA.

- Addams R. M., Robbins W. R., Nightingale G. T. 1331. Plant Physiol. 6, 605—630.
- Boresch K. 1931. Herausg. v. Honcamp. Berlin. 1, 245—248.
- 3. Cooner and Abbot. 1912. Purdue Agr. Exp. St. bul.
- 4. Haas A. R. C. 1928. Bot. Gaz. 85, 334-340.
- 5. Kostytschew S. und Berg V. 1929. Planta, 8, 55-67.
- Kostytschew S. und Eliasberg P. 1920. Zeitschr. f. physiol. Chemie. 111, 228—235.
- 7. Kostytschew S. 1926. Lehrbuch der Pflanzenphysiologie. (Berlin).
- 8. Maksimow A. 1935. Roczn. Nauk Roln. i Leśn. XXXIV t. Str. 27-94.
- 9. Piper C. 1932. The Journal of Agricultural Science 22 part 3.
- 10. Reed H. S. and Haas A. R. C. 1924. Journ. of Agric. Res. 28, 277-284.
- 11. Rissmann R. 1930. Planta, 9, 195-245.
- 12. Szmuk A. 1930. Chimia tabaka.