

**Über die Gase,
welche im Reisfelde bei der Zersetzung
von *Genge* (*Astragalus sinicus*) entstehen.**

Von

Isenosuke Onodera, *Nōgaku-tokugioschi*.

[am 20. September 1919.]

Vorwort.

Astragalus sinicus ist die wichtigste Gründüngerpflanze hier in Japan. Diese Pflanze macht ca 71% des gesamten japanischen Gründüngers aus. Je nach der Bodenart und der angewandten Gründüngeremenge kommt es manchmal zu einer Schädigung¹⁾ der Reispflanzenernährung. Ich habe die Ursachen dieser Schädigungen untersucht²⁾ und dabei gefunden:

- 1) daß die organische Säure, welche bei der Zersetzung von Astragalus sinicus entsteht, im Reisfelde gewöhnlich nicht in freier Form vorhanden ist und deshalb die Reispflanzenernährung nicht hat, schädigen können, und
- 2) daß die Salze obiger Säure es sind, die die Reispflanzenernährung beeinträchtigen, obgleich auch sie nicht die Hauptursache der Schädigung sind.

Eine weitere Untersuchung hat bewiesen, daß diese Gase³⁾ im Reisfelde in grösserer Menge entstehen, als bisher angenommen wurde.

Ueber die Zusammensetzung des Bodengases im Felde liegen schon mehrere Arbeiten vor. Nach RUSSELL und APPLEYARD⁴⁾, LEWY und BOUSSINGAULT⁵⁾ soll die Zusammensetzung folgende sein.

Bodenarten u. a.	CO ₂ %	O %	N %	Bemerk.
Kulturböden.	0,25 ± 0,1	20,6 ± 0,2	79,2 ± 0,2	} Russell u. Appleyard.
Wiesen (Winter).	1,57	18,02	80,04	
Luft.	0,03	20,97	79,00	
Kulturböden.	0,90	19,60	79,50	Lewy u. Boussingault.

- 1) ONODERA, Journal sci. agric. soc. Tokyo, No. 191, pp. 786—827 (1918).
- 2) ONODERA, Journal sci. agric. soc. Tokyo, No. 190, pp. 667—710 (1918), No. 197, pp. 14—53 (1919).
- 3) ONODERA, Journal sci. agric. soc. Tokyo, No. 205, pp. 772—775 (1919).
- 4) RUSSELL u. APPLEYARD, Journal agric. sci. No. 205, pp. 772—775 (1919).
- 5) LEWY u. BOUSSINGAULT, Annales de chimie et de physique 37, pp. 5—50 (1853).

Diese Angaben zeigen, daß der Kohlendioxydgehalt dieser Gase 5—50 Mal grösser ist als der gewöhnlicher Luft. Nach RAMANN¹⁾ ist der CO₂-gehalt von Bodenluft 0,3%.

Bodenluft ist also reicher an Kohlendioxyd als gewöhnliche Luft, ausserdem ist kein Methan und Wasserstoff vorhanden. HARRISON u. AIYER²⁾ haben die Gase, welche bei der Zersetzung von Gründünger im Reisfelde entstehen, zuerst untersucht und ihre Zusammensetzung festgestellt; auch LETHER³⁾ hat einige Gasproben analysiert.

HARRISON u. AIYER⁴⁾ haben ausserdem über den gasichen Stickstoff im Reisboden u. a. gearbeitet.

Es gibt aber noch keine Untersuchung über das Gase, welches bei der Zersetzung von *Astragalus sinicus* im Reisfelde entsteht. HARRISON u. AIYER sammelten die Gase entweder direkt auf dem mit Gründünger gedüngten Reisfelde oder aus entsprechender Topferde. Sie haben jedoch obige zwei Experimenten nur mit einer Bodenart ausgeführt.

Ich habe auch im Sommer 1918 die Gase aus Topferde, welcher *Astragalus sinicus* als Gründünger zugesetzt war, durch Umrühren des Bodens gesammelt. Im Jahre 1919 aber habe ich die Gase direkt auf einem entsprechend gedüngten Reisfelde auf folgende drei verschiedene Weisen aufgefangen:

1. Die Gase in der Bodenoberschicht wurden unter Umrühren gesammelt.
2. Der Gassammlungsapparat (s. Fig. 2) wurde auf dem Reisfelde eingestellt und das dem Boden entweichende Gas ohne Umrühren gesammelt.
3. Der Gassammlungsapparat (s. Fig. 3) wurde in die Bodenunterschicht eingegraben und dort das entweichende Gas aufgefangen.

Die obige erwähnten Experimenten habe ich mit Sand-, Ton- und einem Lehmboden, der aus gleichen Mengen dieses Sand- und Todenbodens bestand, ausgeführt.

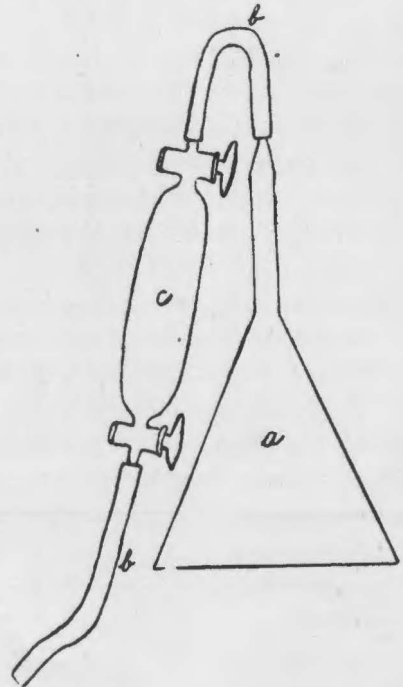


Fig. 1. Gassammlungsapparat.
a. Glastrichter. b. Gummischlauche.
c. Gaspipette.

1) RAMANN, *Bodenkunde* 3. Aufl. s. 390.

2) HARRISON u. AIYER, *Memoir Dept. agric. India (chem. seri.)*, Vol. 3, pp. 65—106 (1913).

3) LETHER, *Memoir Dept. agric. India (chem. seri.)*, Vol. 4, p. 113 (1915).

4) HARRISON u. AIYER, *Memoir. Dept. agric. India (chem. seri.)*, Vol. 4, pp. 1—17 (1914), Vol. 4, pp. 135—148 (1916), Vol. 5, pp. 1—31 (1917).

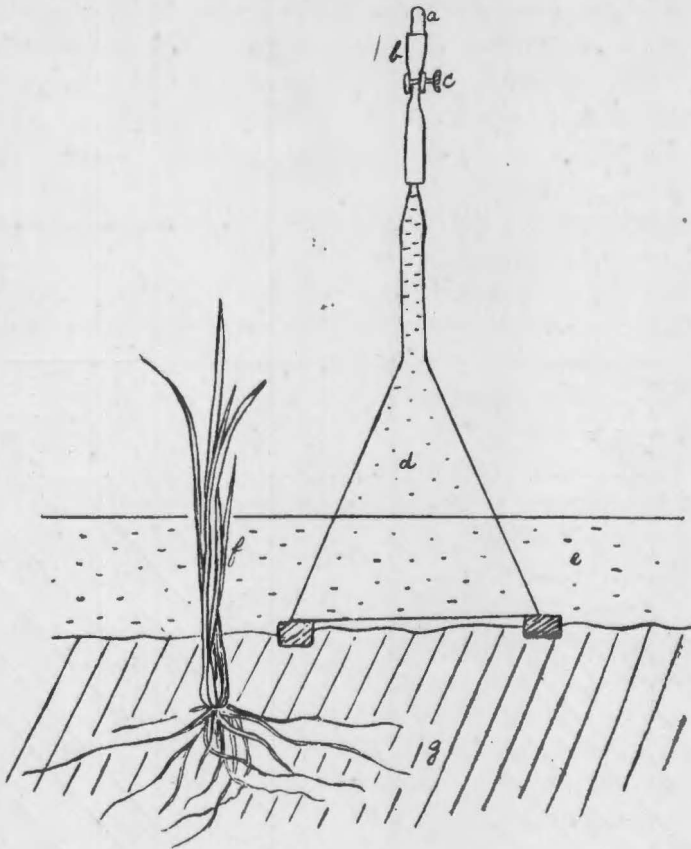


Fig. 2. Gassammelungsapparat.

- a. Glasstabchen.
- b. Gummischlauche.
- c. Hahn.
- d. Glastrichter.
- e. Bewässerungswasser.
- f. Reispflanze.
- g. Boden.

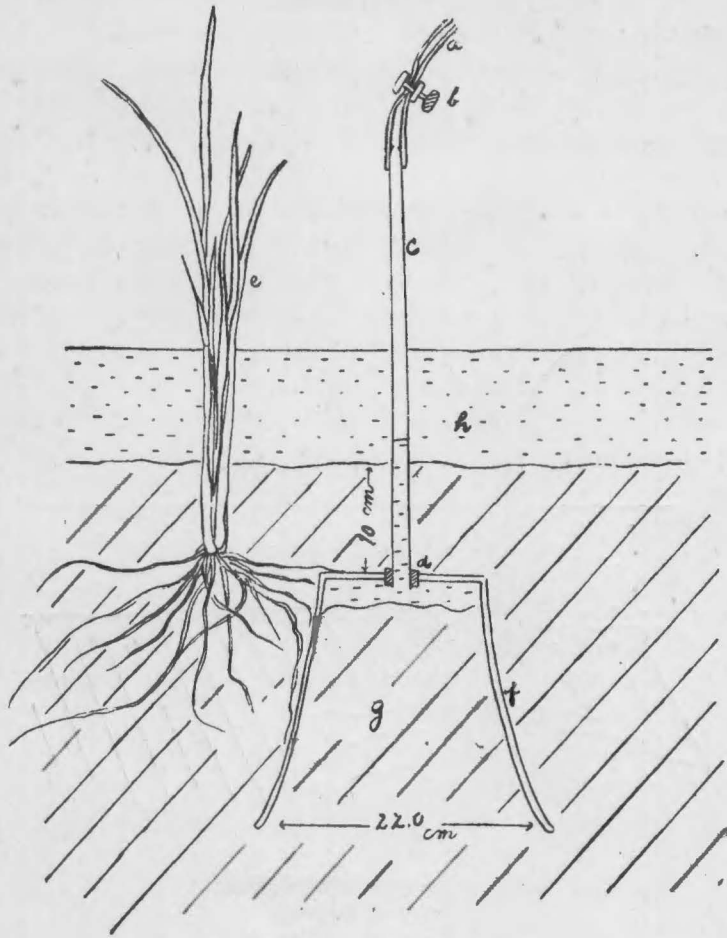


Fig. 3. Gassamulungsapparat.

- a. Gummischlauche.
- b. Hahn.
- c. Glasrohr (Dia. 1,85 cm.)
- d. Gummistöpsel.
- e. Reispflanze.
- f. Topf.
- g. Boden.
- h. Bewässerungswasser.

Kapitel I. Experimentelle Methode.

1. Probeboden.

A. Im Jahre 1918.

Als Vorprüfung wurden die drei Bodenarten (Sand-, Lehm- und Tonboden) in Wagnerische Töpfe getan und jedem Topfe *Astragalus sinicus* als Gründünger im Verhältnisse von 600 u. 1000 Kwan¹⁾ zu 1 Tan²⁾ gegeben.

B. Im Jahre 1919.

Mit Holzrahmen begrenztem Feldboden wurde *Astragalus sinicus* im Verhältnisse von 500 u. 1000 Kwan zu 1 Tan zugesetzt, u. z. enthielt die Düngermenge für 1 Tan 3 Kwan Stickstoff mit Ammonsulfat, 2 Kwan Phosphorsäure mit Kalziumsperphosphat und 2 Kwan Kali mit Holzäsche. Der Ausnutzungskoeffizient des Stickstoffes von *Astragalus sinicus* wurde als $\frac{1}{2}$ des des Ammonsulfats berechnet. Der Dünger wurde am 25. Juni gegeben und der Boden am 1. Juli mit *Schinriki* (Reisname) bepflanzt. Die weitere Behandlung des Feldes war die gewöhnliche.

2. Gassammlungsmethode.

A. Sammlung unter Umrühren (Umrührungsreihe).

Der Gassammlungsapparat (Fig. 1) wurde auf die Oberfläche des Bodens eingestellt und das beim Umrühren der Bodenoberschicht entweichende Gas in einer Gaspipette aufgefangen.

B. Sammlung ohne Umrühren (Nicht-umrührungsreihe).

Der Gassammlungsapparat (Fig. 2) wurde auf der Oberfläche des Bodens stehen gelassen und die von selbst entweichenden Gase einer Gaspipette aufgefangen.

C. Sammlung durch Vergraben (Vergrabungsreihe).

Der Gassammlungsapparat wurde, wie Fig. 3 zeigt, in den Boden vergraben und das von selbst entweichende Gas nach bestimmten Tagen einer Gaspipette aufgefangen.

3. Gasanalyse.

A. Bestimmung des Kohlendioxyds.

Das Kohlendioxyd wurde durch Absorption mittelst Kalilauge bestimmt.

B. Bestimmung des Sauerstoffes.

Sauerstoff wurde durch Absorption mittelst alkalischer Pyrogallollösung bestimmt.

1) 1 Kwan = 3,75 kg.

2) 1 Tan = 0,0912 ha.

C. Bestimmung des Methans und des Wasserstoffes.

Nach der Entfernung des Kohlendioxyds und des Sauerstoffes bleibt ein Gasrest. Ich habe diesen Rest mit überschüssigem Sauerstoffe der Luft versetzt und das Gas in die mit Quecksilber gefüllte Hempelschen Explosionspipette getrieben. Dieses Gas läßt sich dann durch einen elektrischen Funken oder durch Leiten in die glühenden platinkapillare nach Drehschmidt verbrennen. Das dabei entstehende Kohlendioxyd entspricht dem Methanvolumen. Die Wasserstoffmenge wurde aus der Volumenabnahme und der bei der Verbrennung entstehenden Kohlendioxydmenge berechnet.

D. Bestimmung des Stickstoffes.

Der nach Abzug von Kohlendioxyd, Sauerstoff, Methan und Wasserstoff verbleibende Rest entspricht dem Stickstoffe.

Kapitel II. Resultate dieser Experimente.

1. Topfversuch.

Bei diesem Experimente wurde Tonerde im Wagnerischen Topfe benutzt und die Gesprobe unter Umrühren aufgefangen.

A. Genge-Reihe. Die analytische Resultate der Gase sind:

Tabelle 1.

Zusammensetzung der Gase aus der Topferde im Jahre 1918.

Tage	Bodenart	CH ₄ %	H %	CO ₂ %	N %	O %	Bemerk
3. Sept.	Sauboden	43,72	4,97	7,34	43,57	0,40	1000 Kwan Genge.
12. „	do.	63,88	7,37	2,91	24,18	1,66	do.
19. „	do.	49,98	3,68	0,74	39,72	5,88	do.
3. „	do.	—	—	1,82	—	3,81	600 Kwan Genge.
„ „	Lehmboden	32,03	4,82	15,84	45,71	1,60	1000 Kwan Genge.
12. „	do.	51,98	5,83	11,72	29,66	0,81	do.
19. „	do.	18,84	0,70	3,93	76,09	0,44	do.
3. „	do.	33,43	5,08	5,62	54,75	1,12	600 Kwan Genge.
20. „	do.	29,12	0	2,34	66,73	1,81	do.
12. „	Tonboden	57,04	2,83	4,78	34,73	0,62	1000 Kwan Genge.
19. „	do.	56,52	3,58	3,94	35,78	0,17	do.
4. „	do.	50,92	15,05	3,80	39,03	1,20	600 Kwan Genge.
20. „	do.	37,52	6,29	1,58	53,27	2,33	do.

B. Kontroll-Reihe (d. h. Experiment mit Boden ohne *Genge*).

Es ist kein Gas vorhanden.

Aus Tabelle 1 kann man ersehen, daß bei der Zersetzung von *Astragalus sinicus* im jeden Topfe Gase entstehen, und daß sie aus dem Methan, Kohlendioxyd, Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen, daß ferner bisweilen kein Wasserstoff und kein Sauerstoff vorhanden sind, und Methan und Stickstoff die Hauptbestandteile der Gase sind und an dritten Stelle Kohlendioxyd.

2. Feldversuch (Im Jahre 1919).

A. Unter Umrühren gesammelte Gase.

Nur der Boden, dem *Astragalus sinicus* zugesetzt war, wurde umgerührt.
Die Ergebnisse sind:

Tabelle 2.
Zusammensetzung der Gase aus Sandboden.

Tage.	CH ₄ %	H %	CO ₂ %	N %	O %	Bemerk.
13. Juli	36,08	2,34	1,95	58,94	0,69	
19. "	48,78	2,67	4,92	43,43	0,20	
21. "	43,48	4,78	11,08	40,13	0,53	
25. "	53,60	0	7,20	37,88	1,32	
28. "	42,20	0	3,75	54,05	0	
31. "	54,53	0	16,60	28,87	0	
3. Aug.	43,50	2,35	13,06	41,14	0	
6. "	31,06	1,72	6,01	60,41	0,80	
9. "	33,88	1,07	7,93	57,19	0	
12. "	31,47	0	4,13	64,29	0,11	
15. "	30,51	0	2,92	66,57	0	
18. "	26,41	0	2,90	70,39	0,30	
21. "	28,85	0	5,62	64,73	0,80	
24. "	27,66	0	3,97	68,37	0	
27. "	20,75	0	1,35	77,11	0,79	
30. "	18,48	0	4,01	77,26	0,25	
2. Sept.	14,20	0	2,22	82,25	1,33	
5. "						Wegen zu großer Abnahme des Bewässerungswassers konnte kein Gas mehr auffangen werden. Desgl.
8. "						

Tabelle 3.
Zusammensetzung der Gase aus Lehmboden.

Tage.	CH ₄ %	H %	CO ₂ %	N %	O %	Bemerk.
13. Juni	28,66	2,28	23,80	44,84	0,42	
18. "	45,83	0,58	11,85	40,92	0,82	
21. "	58,51	7,16	13,84	19,79	0,70	
25. "	60,19	0	12,74	26,66	0,41	
28. "	57,19	0	12,83	29,58	0	
31. "	61,56	0	17,38	21,06	0	
3. Aug.	48,05	0	12,39	39,56	0	
6. "	50,81	0	10,87	38,12	0,20	
9. "	45,28	0	11,56	43,16	0	
12. "	29,80	0	7,62	62,58	0	
15. "	32,22	0	7,46	60,32	0	
18. "	23,01	0	7,21	69,78	0	
21. "	22,85	0	6,56	70,59	0	
24. "	26,55	0	6,89	66,56	0	
27. "	21,19	0	5,07	73,15	0,59	
30. "	17,39	0	4,93	76,48	1,20	
2. Sept.	14,20	0	2,22	82,25	1,33	
5. "						Wegen zu grosser Abnahme des Bewässerungs-
8. "						wassers konnte kein Gas mehr auffangen
						werden.
						Desgl.

Tabelle 4.
Zusammensetzung der Gase aus Tonboden.

Tage.	CH ₄ %	H %	CO ₂ %	N %	O %	Bemerk.
13. Juli	2,14	0	2,42	91,41	4,03	
18. "	23,85	4,44	14,98	46,16	6,07	
21. "	55,69	2,15	13,60	27,96	0,66	
25. "	41,61	4,43	8,35	36,09	9,52*	
28. "	50,87	0	13,23	34,80	1,10	
31. "	58,29	0	17,42	24,29	0	
3. Aug.	57,78	0	15,83	26,39	0	
6. "	38,07	0	11,25	46,72	3,96	
9. "	28,64	0	11,24	56,30	3,82	
12. "	38,48	0	11,86	49,66	0	
15. "	31,90	0	8,77	59,33	0	
18. "	32,71	0	10,37	56,92	0	
21. "	23,32	0	8,45	68,23	0	
24. "	21,45	0	6,71	67,57	4,27	
27. "	26,11	0	7,36	65,71	0,82	
30. "	24,65	0	4,71	68,10	2,54	
2. Sept.	15,32	0	9,03	72,10	3,55	
5. "						Wegen grosser Abnahme des Bewässerungs-
8. "						wassers konnte kein Gas mehr auffangen
						werden.
						Desgl.

Aus den Tabellen 2, 3 und 4 ersieht man, daß Methan und Kohlendioxyd im Anfange der Zersetzung von *Astragalus sinicus* viel entsteht, daß aber die Menge umsomehr abnimmt, je mehr der Boden umgerührt wird, daß ferner im Gegensatze hierzu Stickstoff mit dem Umrühren zunahm, und daß von Wasserstoff im Anfange der Zersetzung nur wenig und am Ende gar keiner mehr vorhanden ist, endlich daß Sauerstoff in sehr kleinen Mengen oder gar nicht vorkommt. Ordnet man die oben erwähnten Hauptgase nach der Menge ihres Vorkommens, so entsteht die Reihe: CH_4 , N, CO_2 .

Auch die Beziehung zwischen der gebrauchten Gengemenge und der Gaszusammensetzung habe ich untersucht, indem ich die Gase von 500 Kwan und von 1000 Kwan auf 1 Tan unter Umrühren auffing, analysierte und verglich:

Tabelle 5.

Der Methan-, Kohlendioxyd- und Stickstoffgehalt der Gase von Boden, welchem auf 1 Tan 500 bzw. 1000 Kwan *Genge* zugesetzt wurden.

Tage.	Bodenarten.	CH_4 %	CO_2 %	N %	Bemerk.
{ 5. Aug.	Sandboden.	31,18	6,22	60,07	500 Kwan <i>Genge</i> .
{ 6. "	do.	29,06	6,01	60,41	1000 " "
{ 14. "	do.	29,51	5,83	64,66	500 " "
{ 15. "	do.	30,51	2,92	66,57	1000 " "
{ 26. "	do.	5,44	1,42	91,57	500 " "
{ 27. "	do.	20,75	1,35	77,11	1000 " "
{ 5. "	Lehmboden.	55,06	12,27	31,66	500 " "
{ 6. "	do.	50,81	10,87	38,12	1000 " "
{ 14. "	do.	28,01	8,21	63,58	500 " "
{ 15. "	do.	32,22	7,46	60,32	1000 " "
{ 26. "	do.	7,30	4,57	84,47	500 " "
{ 27. "	do.	21,19	5,07	73,15	1000 " "
{ 5. "	Tonboden.	33,13	13,88	52,19	500 " "
{ 6. "	do.	38,07	11,25	46,72	1000 " "
{ 14. "	do.	11,03	3,55	84,92	500 " "
{ 15. "	do.	31,90	8,77	59,33	1000 " "
{ 26. "	do.	7,15	6,38	85,61	500 " "
{ 27. "	do.	26,11	7,36	70,71	1000 " "

Im dieser Tabelle ist der Unterschied an Methangehalt bei 500 und bei 1000 Kwan am 5. und 6. August sehr klein, am 26. und 27. August aber sehr gross. Bei den 500 Kwan-Reihe die Gehalt ist sehr stark gefallen, und bei der 1000 Kwan-Reihe viel weniger. Es läßt sich nun noch ein Unterschied vermuten in der Zusammensetzung des Gases, das mit Umrühren und dem, das ohne Umrühren genommen worden ist. Zur Lösung dieser Aufgabe habe ich den Gassammelungsapparat (s. Fig. 2) auf die Bodenoberfläche eingestellt und die angesammelten Gase analysiert.

B. Ohne Umrühren gesammelte Gase.

a. Kontroll-Reihe.

Die Resultate sind in der Tabellen 6, 7 und 8 angegeben.

Tabelle 6.

Zusammensetzung der Gase aus Sandboden.

Tage.	CH ₄ %	H %	CO ₂ %	N %	O %	Gesammeltes Gasvolumen. c.cm.	Bemerk.
14. Juli.	—	—	—	—	—	0	Kein Gas entwickelt.
17. "	—	—	0	48,22	51,78	16,8	Innerhalb des Trichters wuchsen Algae.
23. "	—	—	0,24	39,13	60,63	41,4	Nach dem Auffangen des Gases wurde Toluol hinzugefügt.
26. "	—	—	—	—	—	0	Kein Gas entwickelt.
29. "	—	—	—	—	—	0	do.
1. Aug.	—	—	—	—	—	0	do.
4. "	—	—	—	—	—	0	do.
7. "	—	—	—	—	—	0	do.
10. "	—	—	—	—	—	0	do.
13. "	—	—	—	—	—	0	do.
16. "	—	—	—	—	—	0	do.
19. "	—	—	—	—	—	0	do.
22. "	—	—	—	—	—	0	do.
25. "	—	—	—	—	—	0	do.
28. "	—	—	—	—	—	0	do.
31. "	—	—	—	—	—	0	do.
3. Sept.	—	—	—	—	—	0	do.
6. "	—	—	—	—	—	0	do.

Tabelle 7.
Zusammensetzung der Gase aus Lehmboden.

Tage.	CH ₄ %	H %	CO ₂ %	N %	O %	Gesammeltes Gasvolumen. c.cm.	Bemerk.
14. Juli.	—	—	—	—	—	0	Kein Gas entwickelt.
17. „	0	0	0	48,91	51,09	13,7	Innerhalb des Trichters wuchsen Algae.
23. „	0	0	0	49,37	50,63	15,6	Nach dem Auffangen des Gases wurde Toluol hinzugefügt.
26. „	—	—	—	—	—	0	Kein Gas entwickelt.
29. „	—	—	—	—	—	0	do.
1. Aug.	—	—	—	—	—	0	do.
4. „	—	—	—	—	—	0	do.
7. „	—	—	—	—	—	0	do.
10. „	—	—	—	—	—	0	do.
13. „	—	—	—	—	—	0	do.
16. „	—	—	—	—	—	0	do.
19. „	—	—	—	—	—	0	do.
22. „	—	—	—	—	—	0	do.
25. „	—	—	—	—	—	0	do.
28. „	—	—	—	—	—	0	do.
31. „	—	—	—	—	—	0	do.
3. Sept.	—	—	—	—	—	0	do.
6. „	—	—	—	—	—	0	do.

Tabelle 8.
Zusammensetzung der Gase aus Tonboden.

Tage.	CH ₄ %	H %	CO ₂ %	N %	O %	Gesammeltes Gasvolumen. c.cm.	Bemerk.
14. Juli.	—	—	—	—	—	0	Kein Gas entwickelt.
17. „	0	0	0	79,26	20,74	32,3	Nach dem Auffangen des Gases wurde Toluol hinzugefügt.
23. „	—	—	—	—	—	2,0	Kein Gas entwickelt.
26. „	—	—	—	—	—	0	do.
29. „	—	—	—	—	—	0	do.
1. Aug.	—	—	—	—	—	0	do.
4. „	—	—	—	—	—	0	do.
7. „	—	—	—	—	—	0	do.
10. „	—	—	—	—	—	0	do.
13. „	—	—	—	—	—	0	do.
16. „	—	—	—	—	—	0	do.
19. „	—	—	—	—	—	0	do.
22. „	—	—	—	—	—	0	do.
25. „	—	—	—	—	—	0	do.
28. „	—	—	—	—	—	0	do.
31. „	—	—	—	—	—	0	do.
3. Sept.	—	—	—	—	—	0	do.
6. „	—	—	—	—	—	0	do.

b. *Genge-Reihe.*

Die Resultate der Analyse sind in den Tabellen 9, 10 und 11 angegeben.

Tabelle 9.
Zusammensetzung der Gase aus Sandboden.

Tage.	CH ₄ %	H %	CO ₂ %	N %	O %	Gesammeltes Gasvolumen. c.cm.	Bemerk.
14. Juli.	—	—	—	—	—	5,0	
19. „	0	0	0,41	75,32	24,27		Das Gasvolumen konnte in diesem Falle nicht bestimmt werden, und nach dem Auffangen des Gases wurde Toluol hinzugefügt.
23. „	31,94	0,83	6,08	61,15	0	67,4	
26. „	—	—	—	—	—	4,0	
29. „	60,18	0	4,53	34,69	0,60	33,1	
1. Aug.	52,56	0	0	44,62	2,82	14,2	
4. „	56,82	0,76	0	39,39	3,03	13,5	
7. „	51,59	0	0,81	45,75	1,85	12,4	
10. „	—	—	—	—	—	8,0	
13. „	48,64	0	3,98	46,77	0,61	32,7	
16. „	—	—	—	—	—	0	
19. „	—	—	—	—	—	0	do.
22. „	—	—	—	—	—	0	do.
25. „	—	—	—	—	—	0	do.
28. „	—	—	—	—	—	0	do.
31. „	—	—	—	—	—	0	do.
3. Sept.	28,67	0	3,85	66,95	0,53	57,1	
6. „	—	—	—	—	—	0	Kein Gas entwickelt.

Tabelle 10.
Zusammensetzung der Gase aus Lehmboden.

Tage.	CH ₄ %	H %	CO ₂ %	N %	O %	Gesammeltes Gasvolumen. c.cm.	Bemerk.
14. Juli.	0	0	0,40	81,08	18,52	1020,0	
19. „	0	0	0,51	60,71	38,78	19,6	Nach dem Auffangen des Gases wurde Toluen hinzugefügt.
23. „	38,06	0	1,77	56,63	3,54	22,6	
26. „	41,48	11,35	2,30	43,72	1,15	17,4	
29. „	45,61	4,94	2,22	46,35	0,88	22,5	
1. Aug.	48,62	7,20	5,60	38,72	0,76	39,3	
4. „	—	—	—	—	—	2,0	
7. „	19,23	0	0	78,85	1,92	10,4	
10. „	—	—	—	—	—	3,0	
13. „	10,50	0	0,75	75,22	13,52	26,6	
16. „	—	—	—	—	—	0	Kein Gas entwickelt.
19. „	—	—	—	—	—	0	do.
22. „	10,19	0	10,89	75,98	2,94	91,8	
25. „	—	—	—	—	—	0	
28. „	16,34	0	9,43	67,30	6,93	142,4	
31. „	—	—	—	—	—	0	
3. Sept.	22,11	0	11,55	65,29	1,05	85,2	
6. „	—	—	—	—	—	0	Kein Gas entwickelt.

Tabelle 11.
Zusammensetzung der Gase aus Tonboden.

Tage.	CH ₄ %	H %	CO ₂ %	N %	O %	Gesammeltes Gasvolumen. c.cm.	Bemerk.
14. Juli.	0	0	1,20	80,33	18,47	995,0	Nach dem Auffangen des Gases wurde Toluol hinzugefügt.
19. "	19,33	2,39	4,40	65,07	8,81	79,5	
23. "	39,66	1,26	5,49	50,35	3,24	178,3	
26. "	49,31	1,31	1,78	46,02	1,58	50,7	
29. "	68,59	1,05	8,22	12,54	0,60	142,3	
1. Aug.	75,32	0	12,85	11,83	0	103,0	
4. "	54,29	0	13,14	32,57	0	102,0	
7. "	64,14	0	15,57	19,17	1,12	89,3	
10. "	60,40	0	20,28	17,04	2,28	126,8	
13. "	59,07	0	13,66	26,03	1,24	37,2	
16. "	59,47	0	13,76	25,26	1,51	39,6	
19. "	55,82	0	6,59	36,05	1,54	25,9	
22. "	47,00	0	18,69	33,33	0,98	81,4	
25. "	—	—	—	—	—	0	
28. "	46,81	0	12,16	40,45	0,58	51,8	
31. "	—	—	—	—	—	0	
3. Sept.	36,91	0	16,55	42,59	3,95	100,8	
6. "	—	—	—	—	—	0	Kein Gas entwickelt.

Aus der Tabellen 6, 7 und 8 kann man ersehen, daß am 17. und 23. Juli in dem Gase mehr Sauerstoff enthalten war als in gewöhnlicher Luft. Das dürfte von der Kohlensäureassimilation der Algen herrühren, weil er nach Hinzufügung von Toluol nicht mehr entsteht. In der Tabellen 9, 10 und 11 ist der Sauerstoffgehalt am 14. und 19. Juli grösser als an den anderen Tagen. Die Ursache liegt wahrscheinlich auch hier bei den Algen. Der Methangehalt aller Bodenarten nahm bis einer bestimmten Zeit allmählich zu, dann aber nach und nach ab. Wenn man das Maximum an Methangehalt in der Tabellen 9, 10 und 11 ersieht, so wird man erkennen, daß es beim Tonboden liegt. Die Minima und Maxima sind in Prozenten ausgedrückt folgende :

	Minim. %	Maxim. %
Tonboden.	19,33	75,32
Lehmboden.	10,19	48,62
Sandboden.	28,67	60,18

Aus jenen Tabellen ersieht man auch, daß an Wasserstoff wenig oder gar nichts vorhanden ist, daß der Stickstoffgehalt nach Hinzufügung von Toluol im Anfange der Zersetzung von *Genge* kleiner ist als später, daß der Kohlendioxydgehalt im Verlaufe der Tage allmählich zunimmt, und daß er im Tonboden am meisten, im Sandboden am wenigsten vorkommt, daß Sauerstoff, der vielleicht sogar noch das Kohlensäureassimilationsprodukt von Algen ist, im allgemeinen wenig vorhanden ist.

Die durch Einstellung des Gassammelapparates auf die Oberfläche des Bodens ohne Umrühren aufgefangenen Gase stammen von der Oberfläche wie aus den unteren Schichten des Bodens. Die Gaszusammensetzung muss natürlich eine andere sein, wenn die Gase allein in der Bodenunterschicht, wo kein Luft ist, gesammelt werden. Um das zu untersuchen habe ich den Gassammelapparat, wie Fig. 3 zeigt, eingegraben und die entstehenden Gase gesammelt. Von solchen Gasen handelt der nächste Abschnitt.

C. Durch Eingrabung gesammelte Gase.

a. Kontroll-Reihe.

Die Resultate der Analyse in den Tabellen 12, 13 und 14 angegeben.

Tabelle 12.

Zusammensetzung der Gase aus Sandboden.

Tage.	CH ₄ %	H %	CO ₂ %	N %	O %	Gesammeltes Gasvolumen. c.cm.	Bemerk.
12. Juli.	—	—	—	—	—	0	Kein Gas entwickelt.
15. „	—	—	—	—	—	0	do.
19. „	—	—	—	—	—	0	do.
22. „	—	—	—	—	—	0	do.
25. „	0	0	2,08	44,94	52,98	33,6	Innerhalb des Glasrohres wuchsen Algen.
28. „	0	0	2,13	42,55	55,32	9,4	
31. „	0	0	1,02	38,31	60,67	8,9	
3. Aug.	0	0	1,04	36,36	62,50	8,8	
6. „	0	0	0	35,71	64,29	9,8	Nach dem Auffangen des Gases wurde Toluol hinzugefügt.
9. „	—	—	—	—	—	0	Kein Gas entwickelt.
12. „	—	—	—	—	—	0	do.
15. „	—	—	—	—	—	0	do.
18. „	—	—	—	—	—	0	do.
21. „	—	—	—	—	—	0	do.
24. „	—	—	—	—	—	0	do.
27. „	—	—	—	—	—	0	do.
30. „	—	—	—	—	—	0	do.
2. Sept.	—	—	—	—	—	0	do.
5. „	—	—	—	—	—	0	do.

Tabelle 13.
Zusammensetzung der Gase aus Lehmboden.

Tage.	CH ₄ %	H %	CO ₂ %	N %	O %	Gesammeltes Gasvolumen. c.cm.	Bemerk.
12. Juli.	—	—	—	—	—	0	Kein Gas entwickelt.
15. „	—	—	—	—	—	0	do.
19. „	—	—	—	—	—	0	do.
22. „	—	—	—	—	—	0	do.
25. „	—	—	—	—	—	0	Innerhalb des Glasrohres wuchsen Algen.
28. „	0	0	0	28,21	71,99	39,0	Kein Gas entwickelt.
31. „	—	—	—	—	—	0	Nach dem Auffangen des Gases wurde Toluol hinzugefügt.
3. Aug.	0	0	1,45	36,23	62,32	13,8	Kein Gas entwickelt.
6. „	0	0	0	42,17	57,83	8,3	do.
9. „	—	—	—	—	—	0	do.
12. „	—	—	—	—	—	0	do.
15. „	—	—	—	—	—	0	do.
18. „	—	—	—	—	—	0	do.
21. „	—	—	—	—	—	0	do.
24. „	—	—	—	—	—	0	do.
27. „	—	—	—	—	—	0	do.
30. „	—	—	—	—	—	0	do.
2. Sept.	—	—	—	—	—	0	do.
5. „	—	—	—	—	—	0	do.

Tabelle 14.
Zusammensetzung der Gase aus Tonboden.

Tage.	CH ₄ %	H %	CO ₂ %	N %	O %	Gesammeltes Gasvolumen. c.cm.	Bemerk.
12. Juli.	—	—	—	—	—	0	Kein Gas entwickelt.
15. „	—	—	—	—	—	0	do.
19. „	—	—	—	—	—	0	do.
22. „	—	—	—	—	—	0	do.
25. „	—	—	—	—	—	0	do.
28. „	0	0	1,96	57,84	40,20	10,2	Innerhalb des Glasrohres wuchsen Algen.
31. „	—	—	—	—	—	0	Kein Gas entwickelt.
3. Aug.	—	—	—	—	—	2,0	
6. „	—	—	—	—	—	0	Toluen wurde hinzugefügt. Kein Gas entwickelt.
9. „	—	—	—	—	—	0	Kein Gas entwickelt.
12. „	—	—	—	—	—	0	do.
15. „	—	—	—	—	—	0	do.
18. „	—	—	—	—	—	0	do.
21. „	—	—	—	—	—	0	do.
24. „	—	—	—	—	—	0	do.
27. „	—	—	—	—	—	0	do.
30. „	—	—	—	—	—	0	do.
2. Sept.	—	—	—	—	—	0	do.
5. „	—	—	—	—	—	0	do.

b. *Genge-Reihe.*

Die Resultate der Analyse in den Tabellen 15, 16 und 17 angegeben.

Tabelle 15.

Zusammensetzung der Gase aus Sandboden.

Tage.	CH ₄ %	H %	CO ₂ %	N %	O %	Gesammeltes Gasvolumen. c.cm.	Bemerk.
12. Juli.	27,78	5,61	42,75	23,86	0	508,0	
17. „	41,46	1,18	40,18	17,18	0	34,1	
19. „	48,37	3,20	37,55	10,70	0,18	55,4	
22. „	49,27	0,70	43,69	6,34	0	346,8	
25. „	49,00	1,51	40,98	8,56	0	272,3	
28. „	53,23	2,81	37,80	6,16	0	305,4	
31. „	56,70	3,38	35,02	4,90	0	263,8	
3. Aug.	60,85	0	33,00	6,15	0	207,0	
6. „	61,39	0	23,77	6,82	8,02	203,0	Nach dem Auffangen wurde Toluol hinzugefügt.
9. „	61,38	0	25,85	11,37	1,40	215,7	Innerhalb des Glasrohres wuchsen Algen.
12. „	69,49	0	16,61	12,86	1,04	28,9	
15. „	—	—	—	—	—	0	
18. „	69,61	0	21,01	8,60	0,78	76,6	
21. „	—	—	—	—	—	0	Kein Gas entwickelt.
24. „	—	—	—	—	—	0	do.
27. „	—	—	—	—	—	0	do.
30. „	—	—	—	—	—	0	do.
2. Sept.	—	—	—	—	—	0	do.
5. „	—	—	—	—	—	0	do.
Summa.						2517,0	

Tabelle 16.
Zusammensetzung der Gase aus Lehm Boden.

Tage.	CH ₄ %	H %	CO ₂ %	N %	O %	Gesammeltes Gasvolumen. c.cm.	Bemerk.
12. Juli.	24,71	0	40,04	35,25	0	416,0	
17. „	59,70	0	33,67	6,63	0	610,0	
19. „	62,35	0,49	30,64	6,52	0	197,0	
22. „	61,05	0	32,99	5,96	0	362,0	
25. „	60,52	0	32,19	7,09	0,20	365,4	
28. „	55,63	2,56	32,86	8,95	0	327,0	
31. „	64,76	0	31,06	4,18	0	130,4	
3. Aug.	62,90	0	32,20	4,90	0	206,2	
6. „	61,65	0	29,71	7,00	1,64	117,5	Nach dem Auffangen wurde Toluol hinzugefügt.
9. „	56,01	0	33,40	9,34	1,25	99,7	
12. „	62,45	0	28,08	9,33	0,14	73,0	
15. „	63,93	0	14,72	18,33	3,02	26,5	
18. „	—	—	—	—	—	0	
21. „	67,23	0	12,58	17,87	2,32	30,2	
24. „	—	—	—	—	—	0	Kein Gas entwickelt.
27. „	—	—	—	—	—	0	do.
30. „	—	—	—	—	—	0	do.
2. Sept.	—	—	—	—	—	0	do.
5. „	—	—	—	—	—	0	do.
Summa.						2960,9	

Tabelle 17.
Zusammensetzung der Gase aus Tonboden.

Tage.	CH ₄ %	H %	CO ₂ %	N %	O %	Gesammeltes Gasvolumen. c.cm.	Bemerk.
12. Juli.	—	—	—	—	—	0	Kein Gas entwickelt.
15. „	35,84	3,43	33,54	26,78	0,41	262,0	
18. „	56,53	0	35,02	8,45	0	223,3	
21. „	53,71	0,08	36,42	9,79	0	242,3	
25. „	57,04	3,47	35,09	4,40	0	343,0	
28. „	57,48	0	33,37	9,15	0	222,0	
31. „	60,61	0	33,06	6,33	0	205,0	
3. Aug.	60,04	3,88	33,37	2,71	0	206,0	
6. „	61,39	0	27,82	3,85	4,94	144,4	Nach dem Auffangen des Gases wurde Toluol hinzugefügt.
9. „	59,00	0	30,54	9,35	1,11	156,0	
12. „	58,36	0	32,67	7,37	1,60	172,4	
15. „	—	—	—	—	—	0	
18. „	67,14	0	19,48	11,85	1,53	85,2	
21. „	—	—	—	—	—	0	
24. „	55,90	0	25,58	17,94	0,58	68,8	
27. „	—	—	—	—	—	0	Kein Gas entwickelt.
30. „	—	—	—	—	—	0	do.
2. Sept.	—	—	—	—	—	0	do.
5. „	—	—	—	—	—	0	do.
Summa.						2330,4	

Aus der Tabellen 12—17 ersieht man, daß in der Kontroll-Reihe im Anfange des Experimentes kein Gas entsteht aber, sobald Algen wachsen, auch Gas entsteht, obgleich noch in der *Genge*-Reihe damals keine Algen wuchsen. Das ziemlich verspätete Wachstum von Algen in der *Genge*-Reihe ist vielleicht der schädigenden Einwirkung der Gase zuzuschreiben.

Die Gase in der *Genge*-Reihe enthalten reichlich Methan, und bei jeder Bodenart nahm der Methangehalt im Verlaufe der Tage zu. Der Kohlendioxydgehalt bei einer jeder Bodenart ist im Anfange der Zersetzung von *Genge* gross und nimmt dann allmählich ab, und nach Verlauf einiger Tage wiederum zu. Die Minima und Maxima für Methan, Kohlendioxyd und Stickstoff sind in Prozenten ausgedrückt folgende:

	CH ₄		CO ₂		N	
	Minim. %	Maxim. %	Minim. %	Maxim. %	Minim. %	Maxim. %
Sandboden.	27	69	6	43	6	23
Lehmboden.	24	67	12	40	4	32
Tonboden.	35	67	19	36	2	26

Wasserstoff ist im Anfange der Zersetzung von *Genge* wenig, zuletzt gar keiner mehr vorhanden. Sauerstoff ist im Anfange der Zersetzung nicht vorhanden, entsteht am 6. August in geringen Mengen, verringert sich aber nach Hinzufügung von Toluol stark. Die Ursache ist wahrscheinlich die gleiche wie oben. Die Differenzen zwischen den gesammelten Gasvolumina erklären sich aus den *Genge*-mengen, die angewandt wurden.

Im folgenden will ich die in den Figuren 4—11 graphisch dargestellten Angaben für Methan, Kohlendioxyd und Stickstoff bei den auf die drei verschiedenen Methoden erhaltenen Gasen der *Genge*-Reihe miteinander vergleichen.

1. Methan (s. Fig. 4, 5, 6).

Der Methangehalt von Umrührungs- und Nicht-Umrührungsreihe im Sand-, Lehm-, Tonboden nimmt bis zu einer bestimmten Zeit zu, dann allmählich ab, in der Eingrabsreihe im Sandboden nimmt jedoch der Methangehalt immer zu.

Beim Lehm- und Tonboden zeigt sich die gleiche Neigung wie beim Sandboden. Die Methangehalt der Nicht-Umrührungsreihe ist beim Lehm- und Tonboden im allgemeinen gering, beim Sand-, und Tonboden dagegen gross.

2. Kohlendioxyd (s. Fig. 7, 8, 9).

Der Kohlendioxydgehalt ist je nach der Sammlungsmethode verschieden gross: z. B. ist bei jeder Bodenart der Kohlendioxydgehalt der Eingrabsreihe grösser als der der Nicht-Umrührungsreihe. Der Kohlendioxydgehalt beträgt bei der Eingrabsreihe 20—42%, bei der Nicht-Umrührungsreihe nur 1—20%. Diese letztere Angabe stimmt ungefähr mit dem Resultate von HARRISON und AYER¹⁾ überein.

Bei der Eingrabs-, und Umrührungsreihe nimmt der Kohlendioxyd-gehalt im Verlaufe des Versuches allmählich ab, bei der Nicht-Umrührungsreihe jedoch langsam zu.

3. Stickstoff (s. Fig. 10, 11, 12).

Die Stickstoffgehalt nimmt in allen drei Reihen bis zu einer bestimmten Zeit allmählich ab, dann langsam zu, nur sind Verhältnisse in der Umrührungs- und Nicht-Umrührungsreihe viel grösser als in der Eingrabsreihe. Der durchschnittliche Stickstoffgehalt bei der Eingrabsreihe sehr gering ist, ist durch den höheren Methan-, und Kohlendioxyd-gehalt verursacht.

1) HARRISON u. AYER, Memoir Dept. agric. India (chem. seri), Vol. 3, pp. 65—106 (1913).

Zusammensetzung.

1. Wenn man *Genge* (*Astragalus sinicus*) als Gründünger ins Reisfeld gibt, so entstehen bei deren Zersetzung größere Menge Gas, das hauptsächlich aus Methan, Kohlendioxyd, Stickstoff und etwas Wasserstoff besteht. Wasserstoff ist gewöhnlich gegen Ende des Zersetzungsprozesses von *Genge* nicht vorhanden. Manchmal kommt auch ein wenig Sauerstoff vor, der aber wahrscheinlich nicht von der Zersetzung von *Genge* herrührt, sondern das Kohlensäureassimilationsprodukt von Algen zu sein scheint. Der oben erwähnten Gasgehalt wurde auch für den ganzen Untersuchungsverlauf festgestellt.
 2. Wenn sich *Astragalus sinicus* im Reisfelde zersetzt, so hat das aus den Unterschichten des Bodens stammende Gas einen höhern Methan- und Kohlendioxydgehalt als das aus den Oberschichten, besonders der Kohlendioxydgehalt ist beachtlich höher. Der Stickstoffgehalt aber ist oben größer als unten.
 3. Die Zersetzung von *Astragalus sinicus* geht im Sandboden schneller vor sich als im Lehm- und Tonboden, im Tonboden am langsamsten, deshalb ist die Gasentwicklung im Sandboden früher vollendet als im Lehm- und Tonboden.
 4. In der Kontroll-Reihe kommt fast gar kein Gas vor, und wenn doch kleine Mengen Gas entstehen, so setzten sie sich meist aus Sauerstoff, aus Stickstoff und manchmal aus kleinen Mengen Kohlendioxyd zusammen. Dieses Gas dürfte wohl dieser Zusammensetzung wegen als Kohlensäureassimilationsprodukt von Algen anzusehen sein. Die Gasentwicklung hat auch unter Hinzufügung von Toluol bald ganz aufgehört.
-

