

ihren Artkreuzungen sind. In *O. Lamarckiana* selbst ist dann eine durch letale Faktoren unsichtbar gemachte Massenmutation in *Velutina* anzunehmen, welche denselben Erfolg hat. Für jede Mutation ist nun die Frage zu entscheiden, ob sie eine halbe oder eine volle ist und die andere zu ihr aufzufinden, sowie die weitere Aufgabe zu ermitteln, ob sie in den normalen Gameten der Art auftritt oder in denjenigen, welche die Massenmutation bedingen. Manches läßt sich aus dem vorhandenen Tatsachenmaterial bereits mit einiger Wahrscheinlichkeit ableiten, doch scheint mir eine weitere experimentelle Prüfung in den meisten Fällen unabweislich.

Nachschrift. Im Momente der Absendung der obigen vorläufigen Mitteilung erhielt ich das zehnte Heft des vorigen Bandes dieser Berichte, mit dem Aufsätze RENNER's über „Die tauben Samen der Oenotheren“. Seine umfangreichen Berechnungen sind mit der oben vorgetragenen Ansicht im wesentlichen in Übereinstimmung und bilden eine sehr willkommene Stütze für meine Behauptung, daß die Spaltbarkeit, welche die Erscheinung der Bastardzwillinge bedingt, eine Folge, und nicht die Ursache, des mutablen Zustandes der Oenotheren ist.

14. C. Wehmer: Leuchtgaswirkung auf Pflanzen.

1. Die Wirkung des Gases auf Sporen- und Samenkeimung.

(Mit 8 Textabbildungen.)

(Eingegangen am 17. Februar 1917.)

Leuchtgas gilt bekanntlich als giftig für Pflanzen, experimentell nachgewiesen ist zwar Schädigung und Absterben insbesondere von Bäumen unter Wirkung eines wochen- oder monatelang dem Wurzelsystem zugeleiteten Gasstromes, welcher besonderen Art aber diese direkte oder indirekte Schädigung ist, wurde bislang nicht näher untersucht; unentschieden ist auch, welche von den zahlreichen Gasbestandteilen dabei in erster Linie in Frage kommen, so daß neuerdings¹⁾ selbst wieder die Ansicht vertreten wurde, das Gas wirke dabei lediglich erstickend auf die Wurzeln (Sauerstoff-

1) SORAUER, P., Landwirtschaftl. Jahrb. 1915, 48, 279, insbesondere 306—307. Gleicher Meinung war früher schon BRIZI, Staz. Sperim. Agrar. Ital. 36, 1903.

mangel infolge Verdrängung der Bodenluft). Diese Fragen sind natürlich nur durch besondere Versuche zu klären, sie können nicht durch mehr beiläufige Feststellungen oder gar nur mikroskopische Untersuchungen beantwortet werden.

Anlaß zu einem etwas näheren Verfolg gab mir die Bearbeitung eines umfangreichen Gasschadens, bei dem Parteien und Gutachter angesichts der bestehenden Unsicherheit über die Art der Gaswirkung sehr verschiedener Meinung waren; einzelne Beobachtungen regten dabei Fragen an, die ich dann weiter zu verfolgen beschloß. Als Resultat ergab sich alsbald, daß die Verhältnisse weit komplizierter liegen, als man vielleicht im voraus anzunehmen geneigt ist. Eine geeignete Grundlage zur Beurteilung dieser schienen mir deshalb vorweg Versuche mit Samen und Pilzsporen, über deren Ergebnis hier zunächst berichtet werden soll.

Zur Verwendung kam das Gas, wie es die Leitung des Laboratoriums im zweiten Halbjahre 1916 lieferte, seine Untersuchung darf ich an dieser Stelle¹⁾ übergehen, im allgemeinen stimmte es mit der des sonstigen hannoverschen Straßengases und mit der dieses überhaupt überein (Hauptbestandteile: Wasserstoff, Methan und Kohlenoxyd, zusammen etwa 90 %, einige Prozent Aethylen, Benzol u. a., geringe Mengen Schwefelverbindungen, etwa 0,6 Schwefel in 1 cbm, Spuren von Ammoniak, Cyanverbindungen usw., neben einigen Prozent Stickstoff, Kohlensäure und Spuren Sauerstoff). Bei dem für die Versuche meist angewandten Volumen von 4 l (Glocken mit 1—2 Halmverschlüssen) wird man den spurenhafte Verunreinigungen für die Wirkung vorweg kaum Bedeutung beimessen wollen, meine Resultate mahnen da aber zu großer Vorsicht.

Die verschiedenen Pilze und Bakterien (7 Arten) verhielten sich in einer Atmosphäre unverdünnten Leuchtgases meist nicht wesentlich anders als in sauerstofffreier Luft, sie wurden entweder in der Entwicklung gehemmt, setzten diese aber nach Ersatz des Gases durch Luft alsbald fort, oder ihre Sporen wuchsen überhaupt sogleich aus und das Wachstum ging wochenlang unter Gas weiter. Es ergab sich sehr bald, daß dies verschiedene Verhalten sich ganz mit dem gegen Sauerstoff deckte, nur fakultativ oder streng anaerobe wuchsen im Gas (gewisse *Mucor*-Arten, Hefe, eine *Oidium*- und *Bacterium*-Art), streng aerobe kamen bestenfalls auch in Wochen nur zu

1) In einer ausführlichen Arbeit komme ich auf Einzelheiten, (Versuchsanstellung und anderes) zurück, auch die bisherige Literatur über Gaswirkung wird da näher berücksichtigt. Die unten mitgeteilten Versuche sind nur ein Auszug aus derselben.

1. Verhalten von Pilzaussaaten (Gelatineröhrchen) in einer Leuchtgasatmosphäre¹⁾.

Spezies	Aussehen der Kultur nach Tagen			Nach Verdrängung des Gases durch Luft:	
	3 Tage	10 Tage	30 Tage	2 Tage später	5—10 Tage später
1. <i>Aspergillus niger</i>	0	0	0	—	—
2. „	0	Spur von Myzel im Impfstrich	spärliches Myzel im Impfstrich	lebhaftes Wachstum	üppiger dunkler Konidienrasen
3. <i>Penicillium variabile</i>	0	0	0	—	—
4. „	0	schwaches Myzel im Impfstrich	breiter Strich von sterilem Myzel	schnelles Wachstum	voller grüner Konidienrasen
5. <i>Merulius lacrymans</i>	0	0	0	0	0
6. <i>Mucor Mucedo</i>	0	0	0	—	—
7. „	0	0	Spur-Myzel	sichtbares Wachstum	Myzelhaut mit Sporangienträgern
8. <i>Mucor hiemalis</i> (Stichkultur)	graues Myzel	Oberfläche von Myzel bedeckt		—	Myzel mit Sporangienträgern
9. „ (Stichkultur)	Gasblasen in der Gelatine	Andauernd große Gasblasen in der Gelatine		—	—
10. <i>Mucor</i> -Spezies (aus Erde isoliert)	Myzel auf Impfstrich	Oberfläche mit starkem grauen Myzel		—	Sporangienbildung
11. „ (Stichkultur)	Gasblasen	Gelatine dauernd mit Gasblasen durchsetzt		—	—
12. <i>Oidium</i> -Spezies (aus Preßhefe isoliert)	Myzel im Impfstrich	grauer Myzelbeleg auf Oberfläche		verstärktes Wachstum zu derbem rötlich-grauen Myzelbeleg	
13. <i>Saccharomyces</i> -Spezies (aus Preßhefe isol.)	Wachstum	im Impfstrich dicker grauer Hefestrich		—	—
14. <i>Bacterium</i> -Spezies (aus Preßhefe)	Wachstum	grauer Impfstrich-Beleg		—	—
15. „ (Stichkultur)	Gasblasen	andauernd große Gasblasen in der Gelatine		—	—

1) Die Kulturröhrchen standen umgekehrt in einem NOVYSchen Anaeroben-Apparat, der Wattepfropf wurde unmittelbar vorher entfernt und durch den Apparat ein halbstündiger Leuchtgasstrom geleitet. Nach Verschuß der Glasähne Aufstellen bei Zimmertemperatur ($\pm 18^\circ$) im zerstreuten Tageslicht. Bei jedem Versuch je eine von allen Spezies; wiedergegeben ist hier nur ein Teil der Versuche.

kümmerlicher Entwicklung (*Aspergillus niger*, *Penicillium variabile*), bildeten dann aber der freien Luft ausgesetzt in kurzem üppige Conidienrasen. Allein der auch sonst empfindliche *Merulius lacrymans* starb unter Gas sicher ab. Sporenbildung unterblieb aber stets, dagegen kam es zu lebhaften Gärungserscheinungen bei *Mucor hiemalis*, Hefe u. a.

Man darf ruhig annehmen, daß verwandte Mikroorganismen sich im ganzen ähnlich verhalten, das Leuchtgas für sie also meist nicht den Charakter eines „Giftes“ hat.

Bei grünen Pflanzen liegen die Verhältnisse schon etwas anders, tatsächlich ergab sich aber, daß die Samen mancher Arten ein ähnliches Verhalten wie die Sporen aerober Pilze zeigen, auch für sie ist das Gas kein akutes Gift; das gilt z. B. für die von mir genauer verfolgte Gartenskresse (*Lepidium sativum* L.), welche sich aus mehreren Gründen vorzugsweise für solche Experimente eignet, aus denen auch die Art der Leuchtgaswirkung klar hervorgeht.

Kressesaamen keimen nie in reiner Gasluft, sie quellen etwas, ohne daß es auch nach Wochen zur Durchbrechung der Samenschale kommt, während an der Luft das Würzelchen schon nach 1–2 Tagen hervortritt ($\pm 20^0$). Gesunde kräftige Samen sterben dabei aber keineswegs ab, ersetzt man z. B. nach 20 Tagen das Gas durch atmosphärische Luft, so beginnt schon am 2. Tage bei vielen die Keimung, auch die zur Ausbildung normaler grüner Pflänzchen führende Entwicklung verläuft wie sonst. Der 20tägige Aufenthalt unter Leuchtgas vermag also die wasserhaltigen Samen nicht zu töten, das ausbleibende Keimen ist lediglich Folge irgendeiner Hemmung. Natürlich kann daran schon der Sauerstoffmangel des unverdünnten Gases schuld sein, unter einer Wasserstoff-Atmosphäre blieben alle Samen gleichfalls 20 Tage lang ohne irgendwelche Keimungserscheinungen, sie entwickelten sich dann nach Luftzufuhr schnell zu normalen grünen Pflänzchen¹⁾. Daß aber keineswegs der Sauerstoffmangel dabei allein in Frage kommen kann, stellt man unschwer fest, wenn dem Leuchtgas einige Prozent (5–10 %) Luft beigemischt werden, jetzt findet zwar eine spärliche Keimung, doch keine erhebliche Weiterentwicklung auch in Wochen statt, die Mehrzahl der Samen bleibt unverändert, offenkundig besteht die Hem-

1) Reis und Samen anderer Wasserpflanzen keimen ohne Sauerstoff (cit. bei JOST, Pflanzenphysiologie, 3. Aufl. 1913, 425), Weizenkörner keimten nicht in Kohlenoxyd, doch nach Herausnahme (MARCACCI, Arch. Ital. Biol. 1893, 19, 140).

mung fort, bei Ablassen des Gases tritt alsbald Entwicklung ein. Ohne wesentlich besseren Erfolg kann man dem Gas auch das Doppelte an Luft beimengen; nicht mehr störend sind aber Gemenge mit weniger Gas (5–16 %):

2. Verhalten der Kressesamen in Leuchtgas und Wasserstoff.

		Verhalten der Samen nach:		Beschaffenheit der binnen 20 Tagen nicht gekeimten Samen (Verdrängung des Gases durch Luft)
		5 Tagen	15–20 Tagen	
1	Leuchtgas 5 % Aussaart 10. II.	Die schon nach 2 Tagen gekeimten Samen haben sich zu kleinen grünen Pflänzchen entwickelt (± 1 cm)	3–4 cm hohe grüne Pflanzen	—
2	desgl. 16 % Aussaart 10. II.		± 3 cm	—
3	desgl. 50 % Aussaart 28. XII.	einzelne Samen mit kleinen Würzelchen	weniger als Hälfte gekeimt, nur Würzelchen oder auch Hypoc. u. Keimbltr. frei. (Ohne Weiterentwicklung)	meist lebend (Keimung nach 2 Tagen), Entwicklung zu normalen grünen Pflanzen
4	desgl. 90–95 % (übereinstimmend) Aussaart 28. XII.	Keimung spärlich nur einzelne Würzelchen	meisten Samen ungekeimt, übrigen zeigen kleine Wurzeln oder freie Keimbl. (Stillstand)	lebend (wie oben)
5	desgl. 100 % Aussaart 28. XII.	0	0 (kein Same gekeimt)	lebend (wie oben)
6	Wasserstoff Aussaart 28. XII.	0	0 (kein Same gekeimt)	lebend (wie oben)
7	Atmosph. Luft (zum Vergleich)	fast vollzählig gekeimt und zu 1–2 cm hohen grünen Pflänzchen entwickelt	3–4 cm hohe grüne Pflanzen	—

Ohne Frage sind es hiernach ganz bestimmte Gasbestandteile, welche das Wachstum des nur von der Testa umschlossenen Keimlings verhindern, ohne ihn sonst merklich zu schädigen, das Gas wirkt zunächst rein narkotisch, die Wirkung ist nur vorübergehend, sie erlischt mit Beseitigung des Agens, nicht anders wie bei *Aspergillus* oder *Penicillium*. Wie wenig speziell bei der Kresse der Sauer-

stoff dabei in Frage kommt, läßt sich auch noch in folgender Weise zeigen.

Eingeschaltet seien hier zuvor einige Versuchsdaten, welche beweisen mögen, daß Samen auch nach längerer Aufbewahrung unter Gas (feuchte Luft und Erde) sich gutenteils wenigstens rasch erholen (die ausgekeimten gehen bei längerer Versuchsdauer gewöhnlich zu Grunde):

3. Samenkeimung nach Aufenthalt in einer 50—100 proz. Gasluft (Kresse¹).

Gas- konzentration und Dauer der Einwirkung	Keimung und Entwicklung nach Verdrängung des Gases durch Luft nach Tagen			
	1 Tag	2 Tage	5 Tage	12 Tage
Vers. 1 7 Tage 100 % Gas (29. XII.)	0	Mehrzahl der Samen mit Wurzelchen (ca. $3\frac{1}{4}$)	grüne Pflänzchen \pm 2 cm hoch	Pflanzen 3—4 cm hoch
Vers. 2 8 Tage 100 % Gas (9. I.)	6 Samen mit Wurzel 1—3 mm, meisten unver- ändert	zu ca. $3\frac{1}{4}$ ge- keimt, Wurzelchen 3—5 mm	grüne Pflänzchen 1—2 cm hoch (6 Samen unge- keimt)	3—4 cm hohe gesunde grüne Pflanzen
Vers. 3 20 Tage 100 % Gas (18. I.)	0	9 Samen mit Wurzel 2—3 mm lang; meisten unverändert	Hälfte der Samen hat sich zu 2—3 cm hohen grünen Pflanzen entwickelt, andern noch zurück	bis 4 cm hohe grüne Pflanzen neben kleineren von \pm 1 cm; alle gesund von Aussehen
Vers. 4 20 Tage 95 % Gas (18. I.)	0	2 Samen mit kleiner Wurzel; meisten unver- ändert	kleine grüne Pflänzchen sehr ungleich, größten 1—2 cm (6 Stück)	3—4 cm hohe grüne Pflanzen
Vers. 5 20 Tage 50 % Gas (18. I.)	0	0	Pflänzchen bis 2 cm (12 Stück), andere Samen nur mit Wurzelentwicklung	3—4 cm hohe gesunde Pflanzen

1) In allen Keimversuchen betrug die Zahl der ausgesäten Samen in der Regel wenigstens 50—100, oder ein Vielfaches (Topfversuche), nur bei Verwendung von Fließpapier (in kleinen Glasschälchen auf etwas Wasser, mit Nährlösung, schwimmend) weniger (20—30); auch hier wächst der Same ungestört zu gesunden grünen Keimpflänzchen von über 3 cm Höhe heran, dabei ist zumal die Wurzelentwicklung unter Wirkung schädlicher Einflüsse gut zu verfolgen. Auf die Versuchsausführung komme ich a. a. O. genauer zurück.

Durch Aenderung der Versuchsbedingungen kann man aber die Gaswirkung außerordentlich verstärken, streut man die Samen auf die freie Oberfläche der feuchten Erde eines Topfes, durch den von unten her ein langsamer Strom Leuchtgas geleitet wird, so kommt unter sonst richtig gewählten Verhältnissen auch nach Wochen nicht ein Same zur Keimung. (Abb. 1.) Diese beginnt dagegen alsbald nach Abstellen des Gases, vorausgesetzt, daß die Zuleitung nicht allzulange dauerte (5 Tage); läßt man den Gasstrom nun aber etwa 10—15 Tage hindurch gehen,

1

2



Abb. 1. Leuchtgasnarkose der Kressesamen. Beide Blumentöpfe gleichzeitig besät, 7 Tage alt. Auf der Oberfläche von Nr. 1 liegen die Samen unverändert, in Nr. 2 haben sie sich zu einem 2 bis 3 cm hohen Kresserasen entwickelt; durch die Erde von 1 ging ein langsamer Strom von Gas (G = Gasschlauch).

so sind meist alle Samen tot, sie keimen auch nicht mehr nach Wochen. Gewöhnlich wird schon nach wenigen Tage eine mehr oder minder starke Schädigung konstatiert, die Zahl der noch keimfähigen wird geringer, Keimkraft und Entwicklungsschnelligkeit nehmen ab. Die anfängliche Narkose führt hier also sehr schnell zu tieferer innerer Schädigung mit nachfolgendem Tode.

Bei diesen Versuchen läßt sich zwar das Gas oberhalb der Topferde unschwer durch Geruch und andere Mittel (Palladiumpapier)

nachweisen, seine wirkliche Menge ist aber relativ gering, ein völliger Sauerstoffmangel für die Samen ist nach Lage der Sache natürlich ausgeschlossen. Noch nach einer anderen Seite hin habe ich diese Versuche dann etwas näher verfolgt (siehe unten).

Welche von den verschiedenen Gasbestandteilen nun Träger der narkotischen Wirkung sind, läßt sich nur durch genauere Prüfung der einzelnen Stoffe unter übrigens gleichen Bedingungen feststellen; zur völligen Klärung hat diese bislang nicht geführt, anscheinend sind mehrere beteiligt. Die bisherigen Versuche geben zwar ganz bestimmte Andeutungen, sind aber noch nicht beendet, hier sei nur Einzelnes hervorgehoben. Leuchtgas ist bekanntlich ein kompliziert zusammengesetztes, nach Art und Menge der einzelnen Bestandteile auch keineswegs konstantes Gemisch von wenigstens einem Dutzend dampf- oder gasförmiger Stoffe, von denen nachgewiesenermaßen mehrere eine physiologische Wirkung auch auf Pflanzen ausüben. Meine Versuchsgefäße von meist 4 l Inhalt, boten in dem eingeleiteten Gas rund 400 cc Kohlenoxyd (10 %), 160 cc Aethylen (4 %), 80 cc Kohlensäure (2 %), 4 cc Benzol-Toluol (unter 1 %), 2,4 cc Acetylen (0,06 %), 3–4 mg bestimmbarer Schwefelverbindungen (Hauptbestandteil Schwefelkohlenstoff), unwägbare minimale Mengen irgendwelcher Cyan- und Ammoniakverbindungen usw.¹⁾, neben den indifferenten beiden Hauptbestandteilen (Wasserstoff und Methan); es bleiben dann allerdings noch einige andere Stoffe in nicht ganz zu vernachlässigender Menge übrig, welche die übliche Gasanalyse nicht berücksichtigt oder überhaupt nicht nachweisen bzw. bestimmen kann. Streng genommen steht man also beim Arbeiten mit dem technischen Leuchtgas auf etwas unsicherem Boden, nicht alle Faktoren sind klar zu übersehen.

Geprüft habe ich bislang auf ihren Einfluß gegen keimende Kressesamen von Kohlenwasserstoffen: Aethylen, Acetylen, Benzol, Toluol (letztere beiden meist als Gemenge 1:1), Xylol, weiterhin Kohlenoxyd, Schwefelkohlenstoff, Schwefelwasserstoff (das „Kriegsgas“ enthielt im Gegensatz zu sonst davon geringe Mengen) und Kohlensäure. Als schädlichste Bestandteile — gleiche Mengen verglichen — ergaben sich Schwefelverbindungen und Benzol nebst dessen Homologen (flüssige Kohlenwasserstoffe), an Wirkungsintensität übertrafen sie die übrigen um ein Vielfaches;

1) An Cyan kaum 1 mg in 1 cbm, wenig mehr an Ammoniakverbindungen.

4. Einfluß verschiedener Leuchtgasbestandteile auf Keimung von Kressesamen ($\pm 18^{\circ}$).¹⁾

	Vol.-% der At- mos- phäre	Beginn der Kei- mung nach Tagen	Größe der Keim- pflanzen nach 12 Tagen	Nach 20 Tagen	Versuchs- bedingungen (cc der an- gewandten Substanz auf Gefäß- Volum)	Berechnete Vol.-% der flüssigen Substanz (auf Luftvol.)
1 Toluol	$\pm 16^2$)	0	0	0 (Samen tot)	1 cc flüssiges Toluol auf 1,3 l	(0,077)
2. Benzol	± 10	0	0	0 (Samen tot)	1 cc auf 1,3 l	(0,077)
„	3,1	0	0	0	1 cc auf 8 l	0,0125
„	2,6	9 (Spur z. T.)	0 (nur Würzelchen von ± 3 mm)	kleine grüne Pflänzchen ± 2 cm (fast wurzellos)	0,25 cc: 2,38 l	0,0105.
„	1,7	9 (teilweise)	0 (nur Wurzel 1—7 mm)	kleine grüne Pfl., 1—2 cm mit kranker Wurzel (un- entwickelt)	0,5 cc : 9,1 l	0,0055.
„	1,3	4 (ver- einzelt)	bis 0,8 cm	unentwickelt (wie vorher)	0,17 cc : 3,3 l	0,0052
„	0,94	3 (teilweise)	± 1 cm	± 2 cm hohe grüne Pflanzen	0,3 cc : 8 l	0,00375.
„	0,82	2 (teilweise)	2 cm	3—4 cm hohe grüne Pflanzen	0,1 cc : 8 l	0,00125.

1) Mit Schwankungen von mehreren Grad, was natürlich auf die Entwicklungsschnelligkeit der nicht gleichzeitig ausgeführten Versuche einen wenn auch geringen Einfluß hat. Zumal im Winter sind in Fensternähe die Schwankungen geheizter Räume erheblicher, unter Glasglocke aber minder beträchtlich. Für das Wachstum der Keimpflanzen spielt natürlich das Licht eine sehr wesentliche Rolle, obige Versuche sind von Dezember bis Februar angestellt, Kressekeimpflanzen kommen auch da noch ganz gut zur Entwicklung, die aber über die Ausbildung der grünen Keimblätter gewöhnlich nicht hinausgeht. — Alle Größenangaben der Tabelle abgerundet und annähernd.

2) Von der angewandten Menge Benzol und Toluol wird in den ersten beiden Versuchen nur ein Teil vergast, mit Benzoldampf gesättigte Luft enthält ca. 10 Vol.-%.

Bei Umrechnung von flüssigem Schwefelkohlenstoff und Benzol auf Dampf sind die Faktoren 378 und 251 zu grunde gelegt (1 cc Benzol liq. = 0,899 g, dampfförmig = 3,58 mg; 1 cc CS₂ liq. = 1,292 g, dampfförmig = 3,42 mg; 760 mm, 0°).

3) Anscheinend ist auch die wirkliche Menge der angewandten Substanz (Giftmenge!) nicht ganz belanglos, richtiger würde man überall also mit gleichen Gefäßvolumina arbeiten, praktisch ist das aber schwer durchführbar.

	Vol.-% der At- mos- phäre	Beginn der Kei- mung nach Tagen	Größe der Keim- pflanzen nach 12 Tagen	Nach 20 Tagen	Versuchs- bedingungen (cc der an- gewandten Substanz auf Gefäß- Volum)	Berechnete Vol.-% der flüssigen Substanz (auf Luftvol.)
3. Schwefel- kohlenstoff	1,86	0	0	0 (Samen tot)	0,115 cc flüssig. CS ₂ auf 2,3 l	0,005
„	0,95	7 (einzeln)	0 (nur Würzel- chea)	0 (nur einzelne Würzelchen)	0,21 cc ¹⁾ : 8,4 l	—
„	0,95	7 (teilweise)	± 1 cm	1—2 cm hoch (!)	0,04 cc ¹⁾ : 1,6 l	0,0025
„	0,45	3	2—3 cm	± 4 cm hoch	0,03 cc : 2,5 l	0,0012
4. Schwefel- wasserstoff	1,0	0	0	0 (tot)	4,3 cc : 4,3 l	—
„	0,1	2—3	1—3 cm	—	2,8 cc : 2,8 l	—
5. Acetylen	5	2	2—3 cm	4 cm	200 cc Gas: 4 l 200 cc	—
6. Äthylen	10	3 (teilweise)	bis 1 cm (ungleich, kümmerlich)	wie vorher	200 cc Aethylengas: 2 l	—
„	„	2—3	1—2 cm	bis 4 cm hohe grüne Pflanzen (!)	45 cc : 0,45 l	—
7. Äthylen + Benzol	4 1	6—7 (teilweise)	bis 1 cm (teilweise)	2 cm	160 cc Äthylen + 0,16 cc Benzol auf 4 l	—
8. Kohlen- oxyd	10	2	± 3 cm	grüne Pflz. bis 4 cm	430 cc : 4,3 l	—
„	20	2	2—3 cm	± 3 cm	38 cc : 0,190 l	—
„	30	2	1—2 cm	1—2 cm	67 cc : 0,230 l	—
„	50	4 (teilweise)	± 1 cm	1—2 cm	95 cc : 0,190 l	—
9. Kohlen- säure	20	2	2—3 cm	4 cm	110 cc : 0,550 l	—
„	30	2 (teilweise)	2 cm	bis 4 cm	135 cc : 0,450 l	—
„	50	3—4 (teilweise)	1 cm	1—2 cm	225 cc : 0,450 l	—
10. Atmo- sphär. Luft (zum Vergleich)	—	1—2	3—4 cm	± 4—5 cm	—	—

1) Siehe Anmerkung 3, S. 143.

zur völligen Unterdrückung der Samenkeimung reichte freilich durchweg deren im Gas faktisch vorhandene Menge noch nicht aus, wenn durch diese auch mehrfach starke Verzögerung beobachtet wurde. Versuche mit Gemengen derselben sind noch nicht abgeschlossen, voraussichtlich sind solche ja wirksamer.

Dämpfe von Schwefelkohlenstoff z. B. hemmten die Keimung schon unter 2 Volum % völlig (etwa 0,4 cc flüssiger CS_2 auf 9,2 l Luft), von Benzol 3 % (1 cc flüssig auf 8 l Luft), aber schon 1—2 % hatten hier sehr schädliche Wirkung (0,3—0,5 cc flüssiges Benzol auf 9 l Volumen); von ersterem enthielt mein Gas freilich weniger als $\frac{1}{10}$ dieser Dosis, von Benzoldampf gleichfalls noch unter 1 % (die Gastechnik rechnet mit etwa 1 %); beide töteten auch die Samen alsbald ab. Abgesehen vom Acetylen waren auch noch andere wirksam, so schädigte z. B. Äthylen bei 10 % merklich (im Gas gegen 4 %) und ein Gemenge von 4 % desselben mit 1 % Benzol verzögerte die Keimung um ungefähr 5 Tage. Einige weitere Versuchsdaten gibt die Tabelle 4 oben. Weder Kohlenoxyd noch Kohlen säure störten die Keimung, auch bei 10—30 % trat das Würzelchen nach 2—3 Tagen hervor, Weiterentwicklung verlief meist rasch.

Auch diese Versuche habe ich noch in der Weise abgeändert wiederholt, daß die Gase bzw. Dämpfe der Topferde (wie oben) zu geleitet wurden, hier war gleichfalls Acetylen ohne merklichen Einfluß, ebenso eigenartigerweise bislang Benzoldampf (1 Versuch), wogegen reines Äthylen gas in einem Falle die Keimung völlig unterdrückte, auch die Samen rasch tötete, in zwei anderen stark schädigte, so daß die Aussaat völlig verkümmerte (Abb. 2), in einem vierten war die Wirkung gering, Grund ist noch aufzuklären. Bei der mindestens gleich starken Wirkung des Leuchtgases unter solchen Verhältnissen ist aber nur mit kaum 4 % Äthylen zu rechnen, allerdings ist seine Wasserlöslichkeit erheblich (etwa 15 %), viel größer die des Acetylen (über 100 %), die des Benzols dagegen gering (0,8 %). —

Das die Erde durchströmende Gas betäubt aber nicht nur die von ihm berührten noch in der Samenschale eingeschlossenen jungen Pflänzchen¹⁾, es verleiht auch der Topferde alsbald keimungs- und wachstumshemmende Eigen-

1) In den Endosperm-losen Cruciferensamen schließt bekanntlich nur die in unserem Falle relativ dünne braune Testa den Embryo von der Außenwelt ab, ihre äußere Schicht verquillt beim keimenden Kressesamen zu einem 1—2 mm dicken Schleimmantel.

schaften. Wird die Gaszuleitung nach vielleicht drei Tagen unterbrochen, so geht eine Neuaussaat von Kresse gewöhnlich noch ohne Schwierigkeiten an und entwickelt sich ganz normal; das ändert sich jedoch sehr bald, der Boden verseucht allmählich durch Absorption schädlicher Gasbestandteile. Die Messung der durchgehenden Mengen mittels Gasuhr ergab, daß dazu wenige Kubikmeter Gas genügen, Einzelheiten hängen natürlich von mancherlei Umständen mit ab (Topfgröße, Erdmenge, Feuchtigkeit, chemische und physikalische Bodenbeschaffenheit usw.).

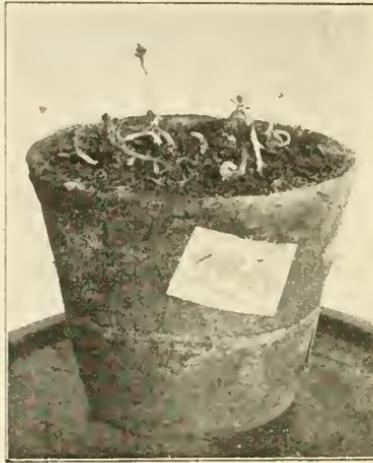


Abb. 2. Aethylenwirkung auf die Samenkeimung (Kresse). Verkümmerte Entwicklung auf einem Topfe, durch den 4 Tage Aethylen gas geleitet wurde.

Nebenstehende Abb. 3 zeigt 2 Versuchstöpfe (Blumenerde der Gärtnerei), durch die 7 bzw. 13 Tage ein langsamer Gasstrom geleitet wurde (s. oben), auf einem Teile der Oberfläche beider war dann nach Abstellen der Gasleitung zu gleicher Zeit von neuem Kressesamen ausgesät, die Bilder zeigen den Zustand genau 7 Tage später; in Topf 1 haben sich die frischen Samen alsbald zu einem geschlossenen Bestande von 2–3 cm hohen (hier etwas heliotropisch beeinflußt) Keimpflänzchen entwickelt, in Nr. 2 dagegen, wo das Gas die Erde vorher 13 Tage passierte, sind erst die Würzelchen sichtbar. Beiläufig haben sich in Nr. 1 noch mehrere Samen der vorher durch Gaswirkung gelähmten ersten Aussaat zu hohen

verkrümmten Pflänzchen entwickelt (im Vordergrund des Bildes), dagegen nicht in 2, wo alle Samen getötet waren; dies ist übrigens der gleiche Topf wie oben Abb. 1. Die beiden Versuche zeigten auch nach Wochen noch ein ganz verschiedenes Aussehen, die Pflanzen des mit E signierten Blumentopfes (1) wuchsen trotz der ungünstigen Beleuchtungsverhältnisse (Januar—Februar) ganz passabel weiter, die von B (2) dokumentierten durch abnorm langsames Wachstum

1

2

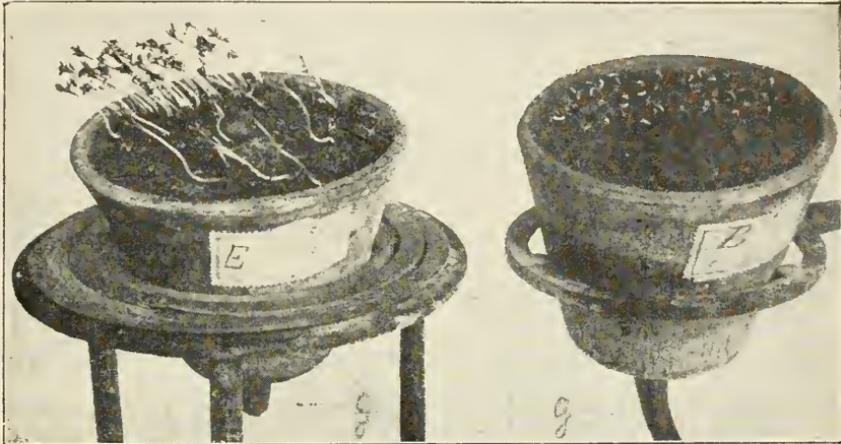


Abb. 3. Wirkung der „Gaserde“ auf die Samenkeimung (Kresse). Durch Topf 1 ging 7 Tage, durch Topf 2 dagegen 13 Tage ein Gasstrom; nach Abstellen des Gases beide gleichzeitig auf einem Teil der Oberfläche neu mit Kresse besät. Nach Verlauf weiterer 7 Tage ist in 1 daraus ein kleiner Bestand von Keimpflanzen hervorgegangen, in 2 stark verzögerte Keimung, die Samen zeigen lediglich Würzelchen. — In 1 außerdem im Vordergrunde lange verbogene Keimpflanzen, die nach Abstellen der Gasleitung aus der ersten Kressesaat hervorgegangen sind (ist derselbe Topf wie 1 in Abb. 1), in 2 sind diese zuerst ausgestreuten Samen durch den 13-tägigen Gasstrom getötet und nicht mehr ausgekeimt.

und allerlei Verkrümmungen den schädlichen Einfluß der Gaserde, verkümmerten auch später; nach 18 Tagen erst kleine grüne Pflanzen (Abb. 4), die selbst ca. 4 Wochen nach der Aussaat nicht wesentlich weiter gekommen waren (Abb. 5). Uebersichtlich stellt sich die Sache also so (s. Tabelle 5):

In anderen Fällen können Aussaaten auf solcher „Gaserde“ etwas besser oder auch gar nicht zur Entwicklung kommen, das hängt

5. Kresse-Aussaat auf feuchte Blumenerde, langsames Gaszuleiten durch die Abflußöffnung des Topfes.
Versuch 1 (B).

Verlauf:

Gas abgestellt nach 7 Tagen. Resultat:

Nach 5 Tagen Gaszuleitung

Nach 7 Tagen Gaszuleitung

Neue Aussaat auf Teil der Topf-
oberfläche

2 Tage später

9 Tage später

kein Same ist gekeimt,
6 Samen nach Abwaschen auf neue Erde übertragen; Keimung nach 3-5 Tagen ungleichmäßig, langsam

wie vorher, alle Samen ungekeimt (s. Abb. 1)

Keimung mehrerer (1 Stück), unregelmäßig

Entwicklung zu 1-4 cm hohen grünen Keimpflanzen

Keimung hier nach 2 Tagen (ungestört); nach 7 Tagen = 2-3 cm hohe grüne Pflanzen, gleichmäßig (s. Abb. 7 Nr. 1)

Versuch 2 (B).

Gas abgestellt nach 13 Tagen. Resultat:

Nach 10 Tagen Gaszuleitung

Nach 13 Tagen Gaszuleitung

Neue Aussaat auf Teil der Topf-
oberfläche

6 Tage später

9 Tage später

kein Same gekeimt,
6 Samen davon auf neue Erde übertragen; Nach 10 Tagen alle ungekeimt, dann trat Keimling langsam hervor, ging aber verkümmert zu Grunde, nach 20 und 30 Tagen: 0

kein Same gekeimt

alle Samen ungekeimt

ebenso (tot) auch noch nach 27 Tagen

Keimung erst nach 4 Tagen spärlich (4 Samen mit bis mm langer Wurzel);
nach 5 Tagen besser (17 Samen, Wurzel bis 3 mm);
nach 7 Tagen fast vollzählig (Wurzeln 3-4 mm),
(s. Abb. 7 Nr. 2);
nach 18 Tagen kleine grüne kümmerliche Pflanzen (Abb. 8),
nach 24 Tagen wenig Fortschritt, (Abb. 9).
(Schließlich allmähliches Welkwerden der Pflanzen)

von den Umständen ab. Die Topferde, durch welche oben Acetylen oder mit Benzoldampf beladene Luft mehrere Tage lang



Abb. 4. Verkümmern der Kresse auf Gaserde. 18 tägige Kultur; der gleiche Topf wie Abb. 3 B, 11 Tage später. Langsame Entwicklung zu kleinen kümmerlichen Pflänzchen.

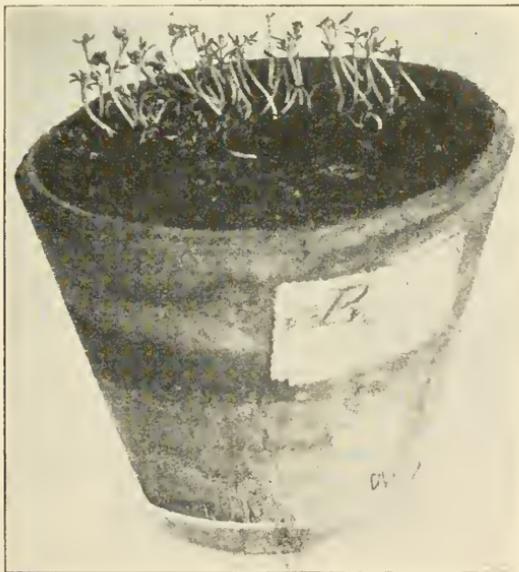


Abb. 5. Aussehen der Pflänzchen von Topf B in Abb. 3 und 4 24 Tage nach Aussaat auf Gaserde (s. Text).

geleitet wurde, erwies sich als nicht keimungsschädlich (Abb. 6—7), wider Erwarten auch nicht Aethylen-Erde, dieses Gas scheint lediglich direkt auf die berührten Samen zu wirken.

Um welche Stoffe es sich speziell in dieser Gaserde handelt, ist zurzeit noch etwas problematisch, chemisch ergab sich bislang wenig Klares, vielleicht sind es ganz bestimmte Verun-



Abb. 6. Kresseentwicklung auf „Acetyleneerde“. Aussaat auf Topferde, durch die 4 Tage ein Strom von Acetylen gas ging; 7tägig. Keine Störung der Entwicklung.



Abb. 7. Kresseentwicklung auf Erde, durch die mit Benzoldampf geladene Luft geleitet wurde (24 l in 4 Tagen). Ohne Störung.

reinigungen des Leuchtgases, die dann natürlich auch bei der direkten Wirkung des Gases auf die Samen mitspielen können. So werden z. B. seine nur in minimalen Mengen vorhandenen charakteristischer

Geruchstoffe — gleich Ammoniak- und Cyanverbindungen — bekanntlich von Erde zurückgehalten, isolierbar sind sie aber kaum¹⁾. Natürlich handelt es sich nicht um sogenannte „teerige Bestandteile“, wie solche bei längerem Durchgang zumal unreinen Leuchtgases sich natürlich im Boden ansammeln müssen, übrigens früher schon für die schädliche Wirkung verantwortlich gemacht wurden²⁾. Die für uns in Frage kommenden Stoffe müssen auch bereits in kleineren Mengen in jedem reinen Straßengase vorhanden sein. An allgemeinen Eigenschaften ließ sich bisher unter anderen nur feststellen, daß sie gutenteils wasserlöslich, auch relativ

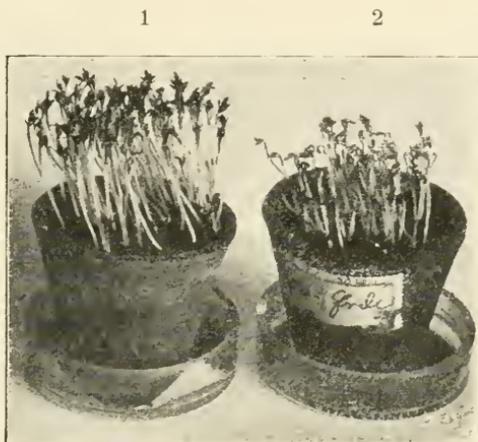


Abb. 8. Einfluß der Gaserde auf die Entwicklung. Kresseentwicklung vor und nach dem Auslaugen der Gaserde mit Wasser (s. Text). Gleichalte Kulturen und gleiche Erde, in Topf 1 vorher ausgelaugt.

leicht oxydierbar sind, teilweise scheinen sie schon beim Trocknen der Erde zu verschwinden. Nach Auslaugen mit kaltem Wasser verhält sich meine Gaserde wie normale gesunde Erde, jetzt keimte die Kresse ungestört, die schädlichen

1) H. BUNTE, Journ. f. Gasbeleuchtg. 1885, 28, 644 u. f.

2) Bei dem einzigen Versuche BÖHMS (S.-Ber. Wiener Acad. 1873, 68, II. Abt., 293) im Jahre 1873 war das Gas gegen 2½ Jahre lang durch ein Gefäß mit Erde geleitet; um wie viel hundert cbm es sich handelte, ist nicht angegeben, vor gut 40 Jahren war natürlich der Reinheitsgrad des Leuchtgases bei weitem nicht der heutige, jedenfalls kommen in solcher Erde keineswegs allein Kohlenwasserstoffe — wie das BÖHM meinte — in Frage

Eigenschaften gehen aber auf den Wasserauszug über; durch solchen Keimversuch läßt sich unter Umständen die Qualität einer Erdprobe als „Gaserde“ schneller ermitteln, als durch chemische Untersuchung. Die Abb. 8 zeigt zwei Kresseausaaten auf Blumenerde, durch die etwa 7 Kubikmeter Leuchtgas geleitet wurden, davon war die in den Topf Nr. 1 gefüllte Probe vor der Besamung mit dreimal je 100 cc kalten Wassers verrührt, das Wasser abfiltriert. In den ersten Tagen der Keimung war der Unterschied der 2 Töpfe noch weit erheblicher als jetzt, die Keimungsverzögerung sehr augenfällig, wie das die beiden ersten Versuche der Zusammenstellung zeigen (siehe Tab. 6).

An der narkotischen Wirkung der Gasluft auf Kressensamen können somit Benzol nebst Homologen und Aethylen sehr wohl mitbeteiligt sein, bislang hat es freilich nicht den Anschein, daß letzteres wenigstens auch Bestandteil des „Bodengiftes“ in solchen Kressekulturen ist; sichere Schlüsse können hier jedoch vorläufig nur mit großer Vorsicht gezogen werden, denn trotzdem Benzolluft bei Zuführung von 24 l in 4 Tagen durch den Erdboden auf die Samen keine sichtbare Wirkung hatte, war eine Atmosphäre mit 1–2 % Benzoldampf auf die hier aus solchen hervorgegangenen Keimlinge ungemein schädlich, sie blieben alle fast wurzellos (völlige Verkümmern) und gingen trotz ihrer freudig grünen Keimblätter und des gesunden Hypokotyls schließlich zugrunde; gleiches beobachtet man auch bei Keimlingen in stärkerer Gasluft. Nichts wäre verkehrter als vorzeitiges Generalisieren, Kresse ist verhältnismäßig unempfindlich gegen Leuchtgas, die sehr gasempfindliche Bohne (*Phaseolus multiflorus*) erwies sich z. B. schon als besonders empfindlich gerade gegen Aethylen¹⁾, andere Pflanzen übertreffen wieder die Kresse an Resistenz. —

Wenn das hier Mitgeteilte auch manche Punkte noch im Unklaren läßt, so ergibt sich doch, daß dem Leuchtgas ein allgemeiner Giftcharakter für Pflanzen nicht zukommt; anaerobe Pilze wuchsen noch in reinem Gas, wasserreiche Kressensamen bleiben in ihm wochenlang am Leben, es verhinderte lediglich das Wachstum des Embryo, bei hinreichender Verdünnung mit etwa dem 5fachen an atmosphärischer Luft ging dies sogar ungestört vor sich. Natürlich folgt daraus noch nichts für andere Pflanzen, schon die erwachsene Kresse könnte sich abweichend verhalten. Das

1) Ich habe aber bei weitem nicht die Empfindlichkeit meiner Pflanzen gegen Aethylen beobachten können, wie solche früher von NELJUBOW für Erbsenkeimlinge (auch gegen Leuchtgas) angegeben wurde (Beiheft. Botan. Centralbl. 1901, 10, 128).

6. Kressekeimung auf „Gaserde“.

	Befund nach Tagen:					
	2 Tage	3 Tage	5 Tage	7 Tage	10 Tage	20 Tage
1. Topf. Erdprobe durch die ca. 22 Tage lang rot. 7 cbm Gas gingen (s. Text) Aussaat 20. Dez.	kein Same gekeimt	Hälfte ungefährt gekeimt Wurzeln 1—3 mm	nur Wurzel und Hypokotyl. Keimblätter noch in Testa	unregelmäßig, manche der jungen Pflanzen bis 1 cm hoch, andere noch zurück	—	—
2. Topf. Gleiche Erde wie in 1, nach 3 maligem Extrahieren mit je 100 cc Wasser (s. Text) Aussaat 20. Dez.	Samen mit bis 3 mm langen Wurzeln	Keimblätter treten aus Testa	grüne fertige Pflanzen ca. 2 cm hoch	3 cm hohe grüne Pflanzen	—	—
3. Topf. Gasdurchgang 12 Tage Aussaat 11. Sept.	teilweise gekeimt Wurzel 1—2 mm	4 Tage: Nur Wurzeln und vereinzelt Hypokotyl frei. Alle Keimblätter noch in Testa	Keimblätter aus Testa frei, noch gelblich	—	1—2 cm hohe grüne Pflanzen, ungleichmäßig, z. T. kümmernd und krankhaft	Pflänzchen meist verwelkt, noch 3 Stück lebend (3 cm hoch)
4. Topf. Kontroll-Versuch zu Nr. 3 mit gesunder Erde Aussaat 11. Sept.	Alle Samen mit 5—10 mm langen Wurzeln (Temperaturdifferenz gegen Versuch 2 im Winter!)	4 Tage: Kleine grüne Pflänzchen, ca. 1 cm hoch	2—2,5 cm hohe grüne Pflanzen	—	3—4 cm hohe gesunde grüne Pflanzen	Voll bewachsener üppiger Kulturtopf mit 4—5 cm hohen Keimpflanzen

Gas ist aber kein akut wirkendes Pflanzengift schlechthin, selbst in unverdünntem Zustande unterdrückte es bestimmte Lebensäußerungen meiner aeroben Organismen nur vorübergehend, bei länger dauernder Einwirkung kann das freilich zum Tode der Zellen führen.

Unbeteiligt dabei war das harmlose Kohlenoxyd¹⁾, mitbeteiligt sind vielleicht flüssige Kohlenwasserstoffe und Aethylen, sicher aber auch noch sonstige schwerer faßbare Gasbestandteile (Schwefelverbindungen u. a.).

Für höhere Tiere ist Hauptträger der Giftwirkung bekanntlich das hier schon bei etwa 1 % rasch toxisch wirkende „Blutgift“ Kohlenoxyd, Leuchtgasvergiftungen sind aber nach mehrfachen zuverlässigen Beobachtungen keineswegs reine Kohlenoxydvergiftungen²⁾, auch bei ihnen spielt unter anderem das für Tiere stark giftige Benzol (neben dem ebensolchen Schwefelkohlenstoff) mit, Aethylen — nicht minder Acetylen — sind für sie nur verhältnismäßig schwache Narcotica³⁾.

Daß übrigens bei Schädigung von Pflanzenwurzeln die im Boden sich ansammelnden wasserlöslichen Gasbestandteile nicht übersehen werden dürfen, bedarf kaum der Hervorhebung, natürlich besteht auch die Möglichkeit ihrer Fortleitung zu den oberirdischen Organen. Die bei Gasschäden wiederholt beobachtete, zuerst von KNY gesehene eigenartige Blaufärbung von Wurzeln dürfte auf Bildung von Berlinerblau zurückzuführen sein (Cyanreaktion), bei dem minimalen Gehalt des Straßengases an Cyan setzt das Auftreten der Reaktion große Gasmengen voraus, sie ist aber beweisend für notorischen Gasschaden.

Hannover, Bakteriolog. Laboratorium des Techn.-Chem. Instituts.

1) Leuchtgasschäden durch dessen Kohlenoxydgehalt zu erklären, wie das R. HEIDER neuerdings versuchte (Dissertat. Erlangen, 1914), ist von vornherein verfehlt, Gaswirkungen auf Pflanzen sind nie Kohlenoxydwirkungen, dies ist auch für andere Pflanzen als Kresse völlig klar, Kohlenoxyd ist bei ca. 10 pCt. ganz harmlos.

2) Vgl. z. B. A. H. HÜBNER, Münch. Med. Wochenschrift 1916, Nr. 19, 677.

3) R. KOBERT, Intoxicationen, 2. Aufl. II. 1906, 866 u. f.

Berichtigungen.

- S. 1 Zeile 2 von oben lies „M. O. REINHARDT“ statt „R. KOLKWITZ“.
S. 22 Zeile 3 von unten lies „gelblichgrün“ statt „gelbgrün“.
S. 22 Zeile 4 von unten lies „anormalen“ statt „normalen“.
S. 23 Zeile 20 von oben lies „im“ statt „in“.
S. 24 Zeile 13 von unten lies „Individuum“ statt „Idividuum“.
S. 25 Zeile 15 von unten lies „degressiver“ statt „regressiver“.
S. 25 Zeile 22 von unten lies „degressive“ statt „regressive“.
S. 26 Zeile 13 von unten lies „mutatio“ statt „mutativ“.
S. 26 Zeile 9 von unten lies „brevistylis“ statt „loevistylis“.
S. 26 Zeile 2 von unten lies „cruciate-flowered“ statt „cruciata-floweren“.
S. 46 Zeile 19 von oben lies $\theta\acute{\epsilon}κερε$ statt $\theta\rho'εκερε$.
S. 122 Zeile 8 von oben lies „Ecuador“ statt „Ecador“.
S. 127 Zeile 18 von unten lies „gewinnen“ statt „gewinnen,“.
S. 638 Zeile 4 von unten lies „γέρον δὴ γυμνοσπίρηατον“ statt „γαρον δη
γυμνοσπίρηατον“.
S. 639 Zeile 11 von oben lies „λεξίων“ statt „γληκίων“.
S. 639 Zeile 12 von unten lies „ἐν ταῖς“ statt „ἐν ταῖς“.
S. 639 Zeile 11 von unten lies „κα οἰμενοι“ statt „α οἰμενομή“.
S. 640 Zeile 2 von oben lies „πρός“ statt „προς“.
~~S. 640 Zeile 8 von oben lies „ἐξόμνη“ statt „ἐξομνη“.~~
S. 145 Zeile 9 von unten lies „(0,08 %)“ statt „(0,8 %)“.
~~S. 653 Zeile 2 von oben lies „Nr. 9“ statt „Nr. 8“.~~

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1917

Band/Volume: [35](#)

Autor(en)/Author(s): Wehmer Carl Friedrich Wilhelm

Artikel/Article: [Leuchtgaswirkung auf Pflanzen. 135-154](#)