

Untersuchungen zur Bekämpfung der San José-Schildlaus (*Aspidiotus perniciosus* Comst.) mit Blausäure.

Von Ferdinand Beran,
Zweigstelle Wien der Biologischen Reichsanstalt.¹⁾
(Mit 11 Textfiguren.)

Inhaltsübersicht:

- I. Einleitung
- II. Gegenwärtiger Stand der Frage
- III. Eigene Versuche
 - A. Wirkung der Blausäure auf *Aspidiotus perniciosus* Comst.
 - 1. Fragestellung und Methodik
 - 2. Versuche zur exakten Ermittlung der zur Abtötung der San José-Schildlaus²⁾ erforderlichen Wirkungseinheiten
 - 3. Einfluß der Temperatur auf die Blausäurewirkung
 - 4. Einfluß von Kohlensäure auf die Blausäurewirkung
 - 5. Entwicklungsstadium und Blausäureempfindlichkeit der SJL
 - 6. Einfluß der Wirtspflanze auf die Blausäureempfindlichkeit der SJL
 - B. Wirkung der Blausäure auf die Wirtspflanzen der SJL
 - C. Begasungsverfahren
 - D. Begasungseinrichtungen
- IV. Richtlinien für die Begasung auf Grund der vorliegenden Versuchsergebnisse
- V. Zusammenfassung
- VI. Schrifttum

I. Einleitung.

Von den beiden zur Bekämpfung der Schildläuse zur Verfügung stehenden Methoden, den Spritz- und den Begasungsverfahren, sind letztere in der Obstbaupraxis Europas, wenn von den Orangenkulturen Südeuropas abgesehen wird, noch verhältnismäßig wenig eingeführt. Dementsprechend liegen bisher auch nur geringe Erfahrungen auf diesem Gebiete vor. Die Dienststelle des Generalsachbearbeiters für die Bekämpfung der SJL ist seit dem Jahre 1938 mit der wissenschaftlichen Bearbeitung von Fragen

¹⁾ Aus der Dienststelle des Generalsachbearbeiters für die Bekämpfung der San José-Schildlaus bei der Zweigstelle Wien der Biologischen Reichsanstalt.

²⁾ Im folgenden SJL.

der SJL-Bekämpfung befaßt. Über die Ergebnisse dieser mehrjährigen Untersuchungen, soweit sie die Spritzverfahren betreffen, wurde bereits ausführlich berichtet (1). Im Nachstehenden wird über die Ergebnisse der Versuche mit Blausäure zur Bekämpfung der SJL Bericht erstattet.

II. Gegenwärtiger Stand der Frage.

Die Blausäure hat bekanntlich seit mehr als 50 Jahren ein wichtiges Anwendungsgebiet in der Baumbegasung gefunden. Vor allem sind es die großen geschlossenen Orangenkulturen in Amerika, Australien und Südafrika, in denen zur Abwehr von Schildläusen, insbesondere von *Aonidiella aurantii* Mask. (red scale), regelmäßig Freilandbegasungen von Orangenbäumen unter Zeltplanen vorgenommen werden. Auch in den Mittelmeerländern Europas hat dieses Verfahren weitgehend Eingang gefunden. Zur SJL-Bekämpfung wurde hingegen die Blausäure bisher nicht im gleichen Ausmaße eingesetzt; sie besitzt jedoch für die Verhütung der Ausbreitung und Einschleppung dieses Großschädlings allergrößte Bedeutung, da das Begasungsverfahren das verlässlichste und einfachste Mittel darstellt, um zum Versand gelangende Pflanzensetzlinge zu entseuchen. Von dieser Möglichkeit wird besonders in den Vereinigten Staaten und in einigen europäischen Ländern Gebrauch gemacht, indem die Blausäurebegasung von Versandpflanzen vorgeschrieben wird.

Mit Rücksicht auf das gegenständliche Hauptanwendungsgebiet der Blausäure in den Citruskulturen, ist den meisten vorliegenden diesbezüglichen toxikologischen Untersuchungen die für die Orangenbäume Schadensbedeutung besitzende *Aonidiella aurantii* als Versuchsobjekt zugrunde gelegt. Versuche, die sich mit der Blausäurewirkung auf *Aspidiotus perniciosus* beschäftigen, liegen nur in geringer Anzahl vor. Überdies sind die Ergebnisse einander vielfach widersprechend, wie nachstehend gezeigt wird.

Eine der umfassendsten Arbeiten auf diesem Gebiete verdanken wir J. Moritz (2), der die relativ hohe Widerstandsfähigkeit der SJL gegen Blausäure feststellte. Er konnte, selbst mit einer etwa 8 g HCN je m³ entsprechenden Gabe von Kaliumcyanid und Schwefelsäure, bei zwei-stündiger Einwirkungszeit in einem gasdichten Behälter von rund 300 l Rauminhalt keine 100%ige Abtötung der SJL erzielen. Theoretisch entspräche diese Dosierung 16 Wirkungseinheiten (Gramm-Stunden-einheiten = gst); selbst wenn berücksichtigt wird, daß die HCN-Ausbeute aus dem Cyankali allerhöchstens 90% beträgt und wahrscheinlich während der Begasung Konzentrationsverluste eingetreten sind, so muß doch angenommen werden, daß bei dem erwähnten Versuch weit mehr als 10 gst zur Einwirkung gelangten. Demgegenüber berichtet F. A. Sirrine (3), mit 0,25 g KCN je 1 cu. foot, entsprechend theoretisch

21,4 g HCN/m³, bei einer Einwirkungsdauer von 35 Minuten, also bei Berücksichtigung der Reaktionsdauer der Blausäureentwicklung mit theoretisch kaum 10 gst im Durchschnitt, 100% ige Abtötung der SJL erzielt zu haben. A. Quaintance (4) benötigte gar nur rund 1 gst zur Erzielung des gleichen Effektes.

Die nachstehende Übersicht zeigt, daß auch Untersuchungen anderer Forscher keine übereinstimmenden Ergebnisse brachten.

Wirkung von Blausäure gegen San José-Schildlaus
nach Untersuchungen verschiedener Autoren.

Autor	Begasungsverfahren	Begasungseinrichtung	gst 100% ige ¹⁾ wirksam
A. Quaintance (4)	KCN+H ₂ SO ₄	Gaskammer innen verbleibt; Lackanstrich	1
O. Watzl (5)	Calcid	Gaskammer gemauert	5 - 6
F. A. Serrine (3)	KCN+H ₂ SO ₄	Holzrahmen mit Leinen verkleidet	10
F. Beran (6)	Calcid	Holzboxen ohne Boden zur Ueberdeckung v. Johannisbeersträuchern im Freiland	15
R. Wiesmann (7)	Zyklon	Gaskammer gemauert	>12, 24
J. Moritz (2)	KCN+H ₂ SO ₄	Zinkblechkasten	>16, 130

Aus diesen wenigen Angaben ist ersichtlich, daß es offenbar schwierig ist, exakte, reproduzierbare Werte für die Blausäurewirkung gegen SJL zu gewinnen. Die erste Voraussetzung für die Erreichung dieses Zieles ist die Durchführung der Versuche unter genau kontrollierbaren und möglichst konstanten Konzentrations- und Temperaturbedingungen. Die Erfüllung dieser Voraussetzung ist in diesem Falle mit Rücksicht auf die Natur des Schädling schwierig. Einmal kann dieser von seiner Wirtspflanze nicht entfernt werden, ohne in seinen Lebensfunktionen entscheidend beeinflußt zu werden. Dies bedingt, daß für derartige Versuche SJL-befallene Pflanzen oder Pflanzenteile verwendet werden müssen. Die weitere Schwierigkeit liegt nun in dem Umstand, daß die Erkennung, ob die Laus tot oder lebend ist, erfahrungsgemäß erst frühestens 2—3 Wochen nach der durch chemische Mittel erfolgten Abtötung möglich ist. Dies zwingt dazu, die Versuchsobjekte noch mindestens 3 Wochen

¹⁾ Zur Wahrung der Übersichtlichkeit wurden die von den Autoren angegebenen Dosierungen in gst umgerechnet. Tatsächlich wird in den meisten Fällen die faktisch erreichte Konzentration mit der theoretisch zu erwartenden nicht übereinstimmen. Lediglich O. Watzl gibt die tatsächlich gemessene Gaskonzentration an.

nach Durchführung der Behandlung unter Bedingungen zu halten, die das Insekt nicht ungünstig beeinflussen. Aus diesem Grunde werden derartige Versuche in der Regel im Freilande an ganzen Bäumen oder Sträuchern, seltener an Früchten ausgeführt. Diese Versuchsdurchführung birgt naturgemäß wieder zahlreiche Fehlerquellen in sich, so daß die große Divergenz der Versuchsergebnisse verständlich erscheint, ohne daß vorerst die Frage, ob vielleicht die Blausäureresistenz der SJL infolge großer individueller Unterschiede sehr verschieden ist, in Betracht gezogen sei.

III. Eigene Versuche.

A. Wirkung der Blausäure auf SJL.

1. Fragestellung und Methodik.

An anderer Stelle (6, 8) berichtete ich bereits über praktische Versuche, die im Auftrage des Reichsernährungsministeriums ausgeführt worden waren, um möglichst rasch Begasungsrichtlinien zu gewinnen, die den Erfordernissen der SJL-Abwehr entsprechen. Es war damals schon geplant, diesen praktischen Freilandversuchen baldmöglichst exakte umfassende Untersuchungen folgen zu lassen, in denen die Frage der Abtötung der SJL mit Blausäure und anderen Begasungsmitteln einem eingehenden Studium unterzogen werden sollte. Vor allem sollten die unter idealen Begasungsbedingungen zur Abtötung der SJL erforderlichen Wirkungseinheiten exakt ermittelt und die Beeinflussung der Blausäurewirkung durch verschiedene Faktoren studiert werden. Zunächst standen der Ausführung dieses Vorhabens die eingangs erwähnten Schwierigkeiten entgegen. Es war klar, daß solche Versuche nur unter Verwendung geeigneter Begasungseinrichtungen ausgeführt werden konnten, die eine Konstanz der maßgeblichen Begasungsbedingungen gewährleisten.

G. Peters & W. Ganter (9) benutzten bei ihren grundlegenden, an *Calandra granaria* ausgeführten Begasungsversuchen eine Versuchsanordnung, die die Erzielung exakter Ergebnisse bei Verwendung des genannten Schädlings gewährleistet. Diese Anordnung war zunächst nicht ohne weiteres für die SJL-Versuche verwendbar; es mußte eine Möglichkeit gefunden werden, in der Laboratoriumsapparatur mit begrenzten Ausmaßen die auf ihrem Wirt festgesetzte SJL solcherart der Begasung zu unterwerfen, daß 1.) die individuellen Schwankungen der Versuchstiere durch Verwendung einer entsprechend großen Anzahl von Läusen für jeden Einzelversuch weitgehend ausgeschaltet werden und 2.) die Haltung der Versuchsobjekte in einwandfreiem physiologischen Zustand noch mindestens 3 Wochen nach der Begasung möglich ist. L. Fulmek stellte in zahlreichen Versuchsreihen (unveröffentlicht) fest, daß abgeschnittene, von SJL befallene Zweigstücke in feuchte Erde ge-

steckt, wochenlang in frischem Zustand gehalten werden können, ohne daß die Schildläuse absterben. Die Zunahme der natürlichen Sterblichkeit der SJJ unter diesen Bedingungen ist unbedeutend und beeinträchtigt die Versuchsergebnisse in keiner Weise, wenn eine entsprechend große Zahl von Individuen für die Behandlung sowie als unbehandelte Kontrolle verwendet wird. Damit war klargelegt, daß auch für die in Aussicht genommenen Untersuchungen die Anordnung nach Peters & Ganter Verwendung finden kann.¹⁾

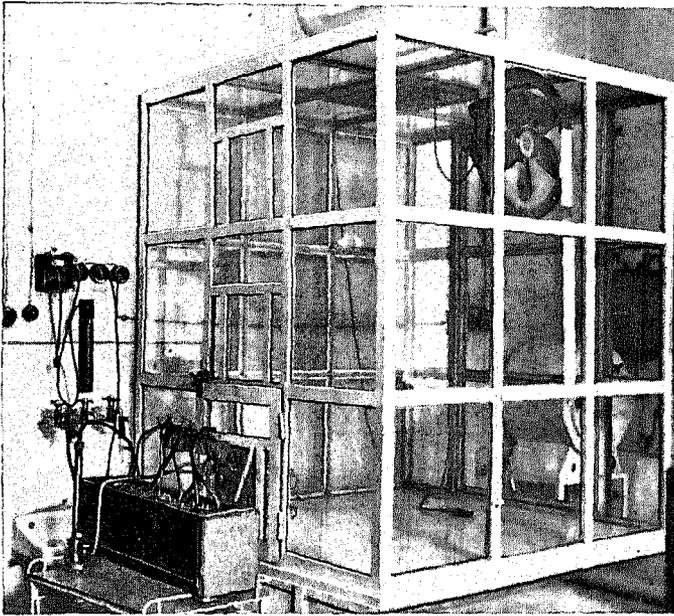


Fig. 1. Gaskasten mit Strömungsapparatur.

Die verwendete Begasungsapparatur besteht aus zwei Teilen: 1. einem gasdichten Kasten in Eisen-Glaskonstruktion und 2. einer Strömungsapparatur, die die gleichzeitige Begasung in 8 Zellen unter vollständig gleichen Temperatur- und Konzentrationsbedingungen gestattet. Der gasdichte Kasten besitzt einen Rauminhalt von 2 m^3 , die Außenmaße betragen $1,26 \times 1,26 \text{ m}$ Grundfläche, $1,42 \text{ m}$ Höhe. Die Konstruktion (Kreuzprossenkonstruktion) besteht aus T- und Winkelprofilen, zur Ver-

¹⁾ Der Deutschen Gesellschaft für Schädlingbekämpfung, Frankfurt a. M., sei auch an dieser Stelle für die Zurverfügungstellung von Versuchsmaterial sowie für die Beratung bei Konstruktion der Begasungsapparatur bestens gedankt.

glasung wurden 6 mm starke Dickglasscheiben verwendet. Die Vorderwand des Kastens ist als dreischiebige, einflügelige Türe ausgebildet, die mit Treibriegelverschluß und Stahlbändern versehen ist. Der gasdichte Abschluß der Türe ist mittels Schlauchprofil erreicht worden. An der Rückwand ist eine kleine, einschiebige, in gleicher Weise abgedichtete

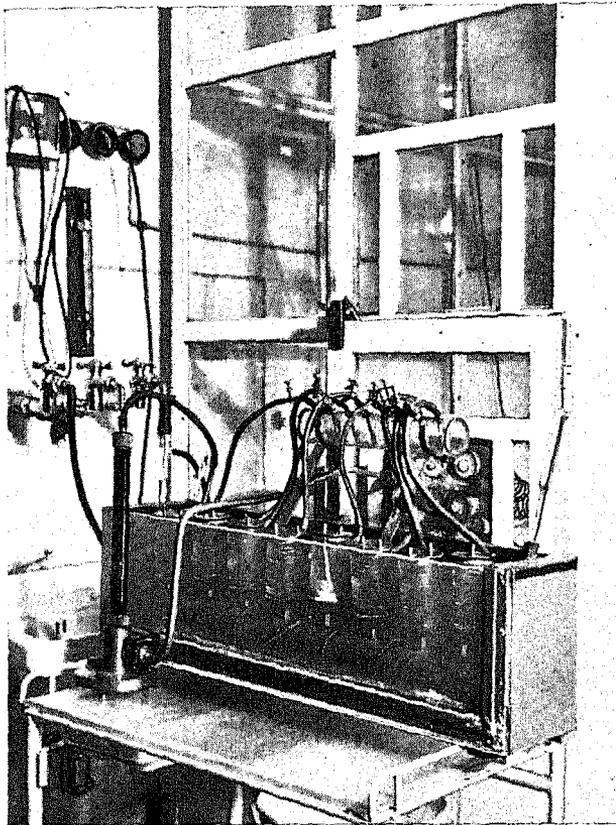


Fig. 2. Strömungsapparatur.

Türe angebracht, die mit einer mit verschiedenen Bohrungen versehenen Plexiglasscheibe verglast ist. Das Mittelfeld der Decke ist für die Entlüftung vorgesehen. Zu diesem Zwecke ist mit Hilfe eines Anschlußstückes ein Siederohr angebracht, das ins Freie führt; den Verschluß besorgt eine mit Gummiring abgedichtete Scheibe, die mittels Hebelgestänge, Drahtseil und starker Feder fest an die Öffnung gepreßt werden kann. Ein unterhalb der Decke an einer Seitenwand angebrachter Ven-

tilator gestattet die rasche Mischung des Giftgases mit der Luft des Gasraumes, sowie die rasche Entlüftung des Kastens nach durchgeführter Begasung. Ein innen aufgestelltes elektrisches Sandbad dient zur raschen Vergasung schwerflüchtiger Stoffe. Der Kasten enthält ferner ein aus Sicherheitsgründen gut abgekapseltes elektrisches Gebläse, das den Kreislauf zwischen Gaskasten und Strömungsapparatur bewirkt. Die achtzellige Strömungsapparatur entspricht im Prinzip genau der von Peters & Ganter (l. c.) beschriebenen Anordnung (siehe auch Fig. 1—3).

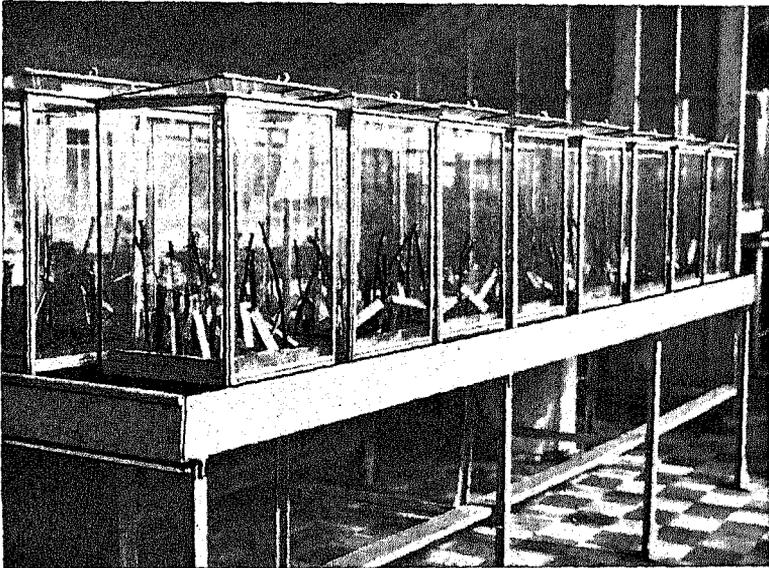


Fig. 3. Begaste Zweigstücke einer Versuchsserie.

Die Strömungsgeschwindigkeit des Gasstromes wurde mit Hilfe eines Strömungsmessers von Krohne geregelt und gemessen; sie betrug etwa 140 cm^3 per Minute je Zelle. Die Temperaturregelung des Wasserbades, in dem die Strömungsapparatur untergebracht ist, geschieht mit Hilfe eines elektrischen, automatisch geregelten Heizers.

Für die Versuche verwendete ich stark befallene Zweigstücke von Johannisbeersträuchern und Apfelbäumen. Der Anteil lebender Schildläuse wurde durch Auszählung mehrerer hundert Tiere jeweils vorher festgestellt. Vor der Begasung wurden die Schnittflächen der Zweigstücke mit Paraffin abgeschlossen, um eine Schädigung durch das Giftgas zu verhüten. Die Haltung der Zweigstücke nach der Begasung erfolgte, wie bereits erwähnt, in feuchter Erde, die in Tonschalen gefüllt war. Die

Schalen standen im Gewächshaus bei etwa 25° C. Diese gebotenen Bedingungen waren der SJL so günstig, daß noch im Dezember ein reger Larvenauslauf beobachtet werden konnte. Für jeden Einzelversuch verwendete ich mindestens 3 Zweigstücke, an denen je etwa 300 Läuse zur Auszählung kamen. Es zeigte sich, daß diese Anzahl von Versuchstieren zur Erzielung genauer Ergebnisse ausreicht.

Das Giftgas wurde in allen Fällen, ausgenommen die Calcidversuche, durch Ausgießen selbsthergestellter, 100%iger flüssiger Blausäure auf einen Filtrierpapierbogen entwickelt. Erwähnt sei, daß alle im folgenden gebrachten Konzentrationsangaben analytisch (nach Liebig) ermittelte Werte darstellen. Die Gaskonzentration wurde immer zu Beginn und vor Abschluß des Versuches, bei längerer Begasungsdauer auch im Verlaufe des Versuches ermittelt.

2. Versuche zur exakten Ermittlung der zur Abtötung der SJL erforderlichen Wirkungseinheiten.

Diese Versuche sollten die Frage beantworten, ob sich die Blausäurewirkung gegen SJL als Produkt von Gaskonzentration (c) und Einwirkungszeit (t) ausdrücken läßt, ob also die Abtötung der bekannten Gesetzmäßigkeit $c \times t = \text{konst.}$ folgt, wie dies die Untersuchungen von Peters & Ganter (l. c.) bei *Calandra* ergeben haben.

Die Ergebnisse dieser in insgesamt rund 600 Einzelversuchen an etwa 200 000 Schildläusen ausgeführten Versuche sind in nachstehender Übersicht und in Figur 4 dargestellt.

Abtötung von *Aspidiotus perniciosus* durch Blausäure.

g HCN/m ³ = c	Begasungsdauer in Min. = t	gst	Unbegasete Kontrolle		Ergebnis
			% tot vor Begasung	% tot bei der Kontrolle	
1,5	10	0,3	64	66	0
"	60	1,5	"	"	0
"	120	3	"	"	0
"	180	4,5	"	"	0/t
"	240	6	"	"	0/t
"	300	7,5	"	"	0/t
"	360	9	"	"	0/t
"	380	9,5	"	"	0/t
"	400	10	"	"	t
"	440	11	"	"	t
5	30	2,5	30	38	0
"	60	5	"	"	0/t
"	90	7,5	"	"	0/t
"	120	10	"	"	t
"	180	15	"	"	t
10	6	1	63	80	0
"	10	1,7	"	"	0

g HCN/m ³ = c	Begasungs- dauer in Min. = t	gst	Unbegaste Kontrolle % tot vor Begasung bei der Kontrolle		Ergebnis
10	15	2,5	63	80	0
"	30	5	"	"	0/t
"	42	7	"	"	0/t
"	48	8	"	"	0/t
"	54	9	"	"	t
"	60	10	"	"	t
"	120	20	"	"	t
15	6	1,5	42	44	0
"	10	2,5	"	"	0
"	12	3	"	"	0/t
"	20	5	"	"	0/t
"	30	7,5	"	"	0/t
"	36	9	"	"	t
"	60	15	"	"	t
30	3	1,5	28	37	0
"	6	3	"	"	0/t
"	9	4,5	"	"	0/t
"	12	6	"	"	0/t
"	15	7,5	"	"	0/t
"	16	8	"	"	0/t
"	17	8,5	"	"	t
"	18	9	"	"	t
"	19	9,5	"	"	t
"	20	10	"	"	t
50	2,5	2	28	37	0
"	5	4	"	"	0
"	6	5	"	"	0/t
"	7,5	6	"	"	0/t
"	8,4	7	"	"	0/t
"	9	7,5	"	"	t
"	9,6	8	"	"	t
"	12	10	"	"	t

Versuchsdurchführung Juni 1941 an befallenen Apfelzweigstücken.
 Begasungstemperatur: 18° C. 0 = keine Wirkung.
 0/t = Teilwirkung (nicht bei allen Einzelversuchen 100%ige Abtötung).
 t = 100%ige Abtötung.

Aus den Ergebnissen ist zu entnehmen, daß auch die Abtötung der SJL weitgehend der Gesetzmäßigkeit hinsichtlich Gaskonzentration und Begasungsdauer unterliegt. In der Übersicht sind die Ergebnisse der durchgeführten Einzelversuche zusammengefaßt, während in der graphischen Darstellung (Fig. 4) die Ergebnisse jedes Einzelversuches dieser Versuchsserie berücksichtigt erscheinen, wodurch der Grad der Abweichung der Einzelversuche vom Durchschnittsergebnis veranschaulicht wird. Unter den bei diesen Versuchen gegebenen Bedingungen lag das Gebiet 100 %iger Abtötung somit durchschnittlich oberhalb 9 gst.

Diese weitgehende Übereinstimmung ergibt sich jedoch nur dann, wenn Läuse gleichen Entwicklungsstadiums in Vergleich gezogen werden,

denn die Blausäureresistenz unterliegt, wie noch gezeigt wird, bedeutenden Änderungen im Laufe der jahreszeitlichen Entwicklung des Schädling. Eine grundsätzliche Verschiedenheit ergibt sich noch beispielsweise gegenüber den mit *Calandra* angestellten Versuchen insofern, als bei weitem nicht alle zur Begasung gelangenden Schildläuse leben; die natürliche Sterblichkeit ist sehr schwankend und liegt nicht selten bei 60 % und darüber. Infolge der unterschiedlichen Sterblichkeit ist es unzulässig, genaue Abtötungsprozente bezogen auf unbehandelte Kontrolle anzugeben, die Vergleichsbasis muß vielmehr der Punkt erreichter 100 %iger Abtötung bilden. Dieses Vorgehen führte zu befriedigenden Ergebnissen, die keinesfalls größere Streuungen aufweisen, als dies bei *Calandra*-Versuchen der Fall ist.

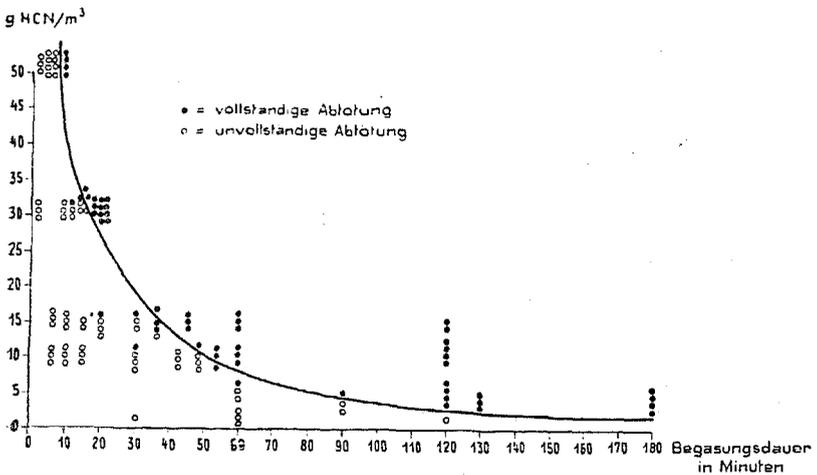


Fig. 4. Die Abtötung der San José-Schildlaus mit Blausäure bei 18° C.

Ich möchte noch darauf hinweisen, daß der für die Darstellung gewählte Versuchsausschnitt aus einer Periode stammt, in der die SJJ eine Resistenzspitze aufweist; es wird in einem späteren Abschnitt gezeigt, daß zu anderen Zeitpunkten mit bedeutend weniger Wirkungseinheiten das Auslangen gefunden werden kann. Bemerkenswert an den Ergebnissen ist noch das verhältnismäßig stärkere Abweichen von der Gesetzmäßigkeit bei den niedrigsten Gaskonzentrationen im Sinne einer Vergrößerung des Konzentrations-Zeit-Produktes.

3. Einfluß der Temperatur auf die Blausäurewirkung.

Es ist bekannt, daß die Atemgiftwirkung von Begasungsmitteln temperaturabhängig ist. G. Peters & W. Ganter (l. c.) untersuchten die Blausäurewirkung gegen *Calandra granaria* bei verschiedenen Tem-

peraturen und machten es wahrscheinlich, daß zwischen 5 oder 10° C ein Minimum der Blausäureempfindlichkeit der Kornkäfer liegt. Die gleichen Autoren (10) zeigten auch die verschiedene Zunahme der Widerstandsfähigkeit von *Calandra* mit fallender Temperatur bei Behandlung mit Äthylenoxyd und Äthylenoxydkohlensäuregemischen. H. J. Quaille & P. W. Rohrbaugh (11) wiesen nach, daß Temperaturdifferenzen während der Begasung zwischen 10—32° C keinen Unterschied in der Blausäurewirkung gegen *Aonidiella aurantii* Mask. bewirken. Hingegen hat die Temperatur, denen die Schildläuse vor der Begasung ausgesetzt sind, Einfluß auf die Wirkung; bei 10° C vor der Begasung gehaltene rote Schildläuse sind weniger widerstandsfähig als solche bei 32° C gehaltene, wobei es einerlei ist, ob die Tiere 4—48 Stunden vor der Begasung diesen Temperaturen ausgesetzt sind. W. J. Schoene (12) fand, daß Raupen von *Euproctis chrysorrhoea* L. unter 10° C resistenter gegen Blausäure sind als bei Temperaturen über 15° C. In früheren Versuchen (l. c.) konnte ich gleiche Bekämpfungserfolge gegen SJL erzielen, einerlei ob das Material vor der Begasung längere Zeit auf 10° C gehalten wurde oder aber bei herrschenden Frosttemperaturen von —3° C unmittelbar aus dem Freilande der Begasung zugeführt wurde.

Die Temperaturfrage bei der Blausäurebegasung muß von zweierlei Gesichtspunkten aus geprüft werden: einmal ist festzustellen ob und in welchem Maße und Sinne eine Temperaturabhängigkeit der Gaswirkung vorliegt. Weiterhin ist, abgesehen von dieser physiologischen Frage, sicherzustellen, inwieweit die Blausäurebegasung bzw. die Geschwindigkeit der Gasentwicklung unter den in der Praxis vorliegenden Verhältnissen temperaturabhängig ist. Dies gilt bei Anwendung flüssiger Blausäure, z. B. in Form von Zyklon.

Die erste Frage wurde in der eingangs beschriebenen Strömungsapparat eingehend geprüft, indem ich Begasungen bei —5° C, 0° C, 5° C, 20° C ausführte. Bei den ersten beiden Versuchsreihen wurde die Kühlung mit Eis-Salzmischung durchgeführt. Die für die Begasung bestimmten Zweigstücke wurden vorher im Kühlschranks bzw. Thermostat 3 Stunden lang bei der Begasungstemperatur gehalten und erst dann der Blausäure ausgesetzt. Das Ergebnis dieser Versuche ist aus der Zusammenstellung auf der nächsten Seite zu ersehen.

Die Versuche ergaben somit praktisch gleiche Widerstandsfähigkeit der SJL gegen das Gas im Bereiche von 5—20° C. Hingegen stieg die Blausäureresistenz bei weiterer Senkung der Temperatur auf 0° und —5° C, doch waren die Unterschiede geringfügig. Jedenfalls ist die Blausäureempfindlichkeit der SJL weit weniger temperaturabhängig als die des Kornkäfers. Für die Begasungspraxis ist es von Bedeutung, daß auch bei Temperaturen um 0° befriedigende Begasungserfolge erzielbar sind.

Temperaturabhängigkeit der Blausäurewirkung gegen SJL.

g HCN/m ³	Begasungs- dauer in Minuten	gst	Ergebnis begast bei ° C			
			- 5	0	5	20
2,5	10	0,4	0	0	0	0
"	15	0,6	0	0	0	0
"	30	1,25	0/t	0/t	t	t
"	60	2,5	0/t	t	t	t
"	90	3,75	t	t	t	t
"	120	5	t	t	t	t
"	180	7,5	t	t	t	t
"	240	10	t	t	t	t

Versuchsdurchführung: November 1941.

Unbegaste Kontrolle bei Beginn des Versuches: 80 % tot.

Unbegaste Kontrolle bei Durchführung der Endkontrolle: 85 % tot.

S	7,5	1	0	0	0	0
"	15	2	0	0/t	0/t	0/t
"	22,5	3	0/t	0/t	0/t	0/t
"	30	4	0/t	0/t	0 t	0/t
"	37,5	5	0/t	0,t	t	t
"	45	6	t	t	t	t
"	60	8	t	t	t	t
"	120	16	t	t	t	t

Versuchsdurchführung: September 1941.

Unbegaste Kontrolle bei Beginn des Versuches: 37 % tot.

Unbegaste Kontrolle bei Durchführung der Endkontrolle: 44 % tot.

Auch in physikalischer Hinsicht bestehen selbst bei Anwendung flüssiger Blausäure (z. B. Zyklon) gegen die Begasung bei niedrigen Temperaturen keine Bedenken, da die Dampftension der Blausäure auch bei weit unter dem Siedepunkt liegenden Temperaturen, ja selbst bei Minusgraden so groß ist, daß sich die Verflüchtigung rasch vollzieht. Die Flüchtigkeitskurven (Fig. 5) geben darüber Aufschluß.

4. Einfluß von Kohlensäure auf die Blausäurewirkung.

Die relativ hohe Widerstandsfähigkeit der SJL gegen HCN legt den Gedanken nahe, eine Wirkungssteigerung durch Zusatzgase anzustreben. F. J. Brinley & R. H. Baker (13) wiesen schon darauf hin, daß gewisse Insekten, wie *Melanoplus differentialis* Uhl., ihre Atemöffnungen schließen, wenn sie subletalen Dosen von HCN ausgesetzt werden. Diese Forscher konnten durch Zusatz von Methylacetat die Wirkung von Blausäure gegen *Calandra granaria* von 59 % auf 77,4 % steigern. G. Peters & W. Ganter (14) stellten bei Bekämpfung des gleichen Schädlings

fest, daß die Wirkung von Äthlenoxyd durch Zumischung der 5—10-fachen Menge Kohlensäure mehr als verdoppelt wird. E. H. Hazelhoff (15) zeigt, daß die Kohlensäure nicht nur Einfluß auf die Atmungsintensität, sondern auch auf die Tracheenöffnungen ausübt. Er wies in Versuchen an *Periplaneta americana* L. nach, daß sich schon bei 2—3% CO_2 die Atmungsöffnungen unverzüglich öffnen, was eine rasche Diffusion des Giftgases zur Folge hat.

Die Weite der Atmungsöffnungen scheint durch den CO_2 -Anteil, der durch das Tracheensystem diffundiert, geregelt zu werden.

Im Verlaufe der vorliegenden Versuche prüfte ich, ob Kohlensäurezusatz die Blausäurewirkung auf SJL zu steigern vermag. Der Zusatz betrug volumsmäßig das Doppelte, Fünffache und Zehnfache der Blausäuredosierung. Die Versuche wurden parallel mit den im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Temperaturversuchen in den gleichen Konzentrationen ausgeführt.

In keinem einzigen Falle konnte eine merkliche Wirkungssteigerung durch den Kohlensäurezusatz erzielt werden. Eine Angabe des Zahlenmaterials erübrigt sich daher, da sie eine Wiederholung der im vorigen Abschnitt angeführten Übersichten darstellen würde.

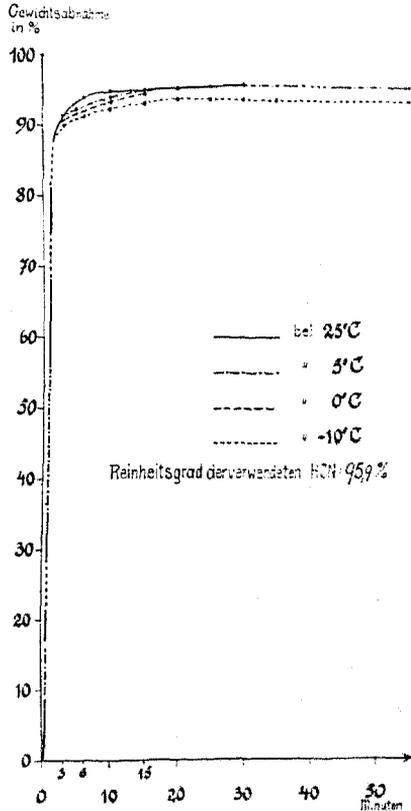


Fig. 5. Flüchtigkeitskurven der Blausäure.

5. Entwicklungsstadium und Blausäureempfindlichkeit der SJL.

Die im Abschnitt 2 gezeigten Ergebnisse sind, wie schon erwähnt, durchwegs an entwicklungsmäßig gleichartigem Material gewonnen worden und zwar an geschlechtsreifen an Apfelzweigen festgesetzten SJL, im Monat Juni vor Beginn des ersten Larvenauslaufes.

Weitere Versuche zeigten, daß die Blausäureempfindlichkeit der verschiedenen Entwicklungsstadien sehr verschieden ist. Am deutlichsten

geht dies hervor bei Vergleich der im Juni an erwachsenen Läusen ausgeführten Begasungen, mit solchen, die im Spätherbst (November) durchgeführt wurden. Zu dieser Zeit ist das erste Larvenstadium (Schwarzschilde) vorherrschend, die in der Minderzahl vorhandenen erwachsenen Weibchen treten, wenn dies so ausgedrückt werden kann, in die Phase des Absterbens, da sie im Laufe des Winters nahezu ausnahmslos dem natürlichen Tode verfallen. Zu diesem Zeitpunkt ergibt sich nun eine unvergleichlich geringere Empfindlichkeit der SJL gegen Blausäure; die Abtötungskurven in dieser Zeit verlaufen bedeutend steiler, die gesetzmäßige Beziehung zwischen Konzentration und Einwirkungszeit bleibt jedoch, wenn einwandfreies Material vorliegt, gewahrt. Die Feststellung der geringen Widerstandsfähigkeit der SJL nach Ablauf der Vermehrungsperiode ist deshalb von großer praktischer Bedeutung, weil der Pflanzenversand gerade in diese Zeit fällt, so daß das Ziel der Pflanzenentseuchung schon mit einem wesentlich geringeren gst-Anwand erreichbar ist, als dies beispielsweise im Sommer der Fall wäre.

Ähnliche Feststellungen über die unterschiedliche Blausäureresistenz der verschiedensten Stadien von *Aonidiella aurantii* Mask. machte William Moore (16), der zeigt, daß die geringste Widerstandsfähigkeit gegen das Gas das erste Larvenstadium besitzt, während die größte Resistenz am Ende der zweiten Häutung zu verzeichnen ist.

Die nachfolgende Übersicht gibt ein Beispiel des Zusammenhanges der Blausäureresistenz mit dem Entwicklungszustand des Schädling. Verglichen sind Ergebnisse, die an Läusen des gleichen Baumes gewonnen wurden. In der Übersicht erscheinen auch die Anteile der verschiedenen Entwicklungsstadien der Versuchstiere angegeben.¹⁾

Besonders bemerkenswert ist der große Unterschied in der Empfind-

Abhängigkeit der Blausäureresistenz der SJL vom Entwicklungsstadium.

Begast am	Entwicklungsstadien der überlebenden SJL in %				100%ige Ab- tötung er- reicht mit gst
	Freilarven	Weiß- pünktchen	Schwarz- schilde	♀	
19. 1.	—	—	100	—	7,5
13. 6.	—	—	—	100	9
30. 9.	29	22	28	21	5
27. 11.	0,7	1	95	3,3	1,25

¹⁾ Die zahlenmäßigen Angaben über die verschiedenen Anteile der einzelnen Entwicklungsstadien stammen aus Auszählungen von Fr. Dr. Maria Janeček, der ich für Überlassung dieser bisher unveröffentlichten Daten danke.

lichkeit im November und Januar, da in beiden Fällen scheinbar nahezu das gleiche Entwicklungsstadium vorliegt. Das verschiedene Verhalten dürfte darauf zurückzuführen sein, daß die Schwarzschilde bald nach der Festsetzung der Junglarven bedeutend empfindlicher gegen das Giftgas sind, als dies nach der Überwinterung der Fall ist, obwohl in der Zeit von November bis Januar kaum ein Entwicklungsfortschritt der Schwarzschilde zu verzeichnen ist.

6. Einfluß der Wirtspflanze auf die Blausäureempfindlichkeit der SJL.

Für die praktische Blausäureanwendung ist auch die Frage von Bedeutung, ob die Wirtspflanze einen Einfluß auf die Giftgasresistenz besitzt. Diese Frage ist berechtigt, da sich gezeigt hat, daß die natürliche Sterblichkeit auch unter völlig gleichen Umweltsbedingungen je nach der Wirtspflanze häufig verschieden ist. K. J. Quail (17) nimmt an, daß Beziehungen zwischen der Ernährung der Wirtspflanze und der Blausäureresistenz der Schildläuse bestehen. Meine vergleichenden an befallenen Zweigen von Apfel, Birne, Pflirsich und Johannisbeere angestellten Versuche ergaben keinerlei Anhaltspunkt für eine Beeinflussung der Blausäureempfindlichkeit der Schildläuse durch die Art der Wirtspflanze. Vielmehr scheint die Widerstandsfähigkeit, unabhängig von der Art des Schildlausträgers, von dessen physiologischem Zustand abhängig zu sein. An kränklichen, z. B. frostgeschädigten Bäumen, an denen die SJL eine überhöhte Sterblichkeit zeigt, ist die Laus schon durch ungewöhnlich niedrigen gst-Aufwand abzutöten. Diese geringe Widerstandsfähigkeit ist nicht selten geradezu ein Indikator für den nicht immer gleich sichtbaren schlechten physiologischen Zustand der Wirtspflanze. So konnte ich im Winter 1942 in Einzelfällen schon mit 1 gst vollständige Abtötung erzielen; es zeigte sich dann zu Beginn der Vegetationsperiode, daß die Wirtsbäume der Versuchsobjekte, die zur Zeit der Abnahme des Versuchsmaterials noch keine merkliche Schäden aufwiesen, im Laufe des Winters sehr starke Frostschäden erlitten hatten. Besonders häufig wird eine derartige überhöhte Blausäureempfindlichkeit bei SJL an Johannisbeere beobachtet, aber auch immer nur dann, wenn der Strauch aus irgend einem Grunde (häufig durch Schadenswirkung der SJL) in Mitleidenschaft gezogen wurde.

B. Wirkung der Blausäure auf die Wirtspflanzen der San José-Schildlaus.

Die Schädlichkeit der SJL ist besonders im Hinblick auf ihre große Polyphagie so bedeutsam. L. Fulmek (18) gibt für die Ostmark außer den Obstgehölzen noch 27 weitere Arten von Gehölzen und 6 krautige Pflanzenarten als Lausträger an. Aus Nordamerika sind nicht weniger

als etwa 150 Laubhölzer und Sträucher als Nährpflanzen der SJL bekannt (19). Mit Rücksicht auf die Verschiedenartigkeit der Wirtspflanzen von *Aspidiotus perniciosus* ist die Frage nach dem Verhalten der wichtigsten Lausträger gegenüber Blausäure von Interesse, da erst deren Beantwortung die Feststellung gestattet, ob eine Entseuchung mit dem Gas für das Pflanzenmaterial durchwegs unbedenklich ist. Da zur Abtötung der SJL verhältnismäßig hohe Gaskonzentrationen nötig sind, ist dies durchaus nicht von vornherein als sicher anzunehmen; auch die im Schrifttum vorliegenden Angaben gestatten nicht ohne weiteres diese Annahme.

So berichtet z. B. P. J. Kiyashko (20), daß zweijährige Apfel- und Birnensetzlinge bei einstündiger Begasung bei 10,8—13° C wohl mit 6 g HCN/m³ im Bottichverfahren keine Beeinflussung erfuhren, hingegen schon mit 6,2 g HCN/m³ bei gleicher Begasungsdauer in der Entwicklung leicht gehemmt erschienen, während 120 g HCN/m³ und mehr, alle jungen Knospen und seitliche Zweige abtöteten. Der gleiche Autor stellte fest, daß Mandarinen- und Apfelsetzlinge durch niedrige Gaskonzentrationen bei längerer Begasungsdauer weniger geschädigt wurden als durch hohe Konzentrationen bei kurzer Begasungszeit. Es riefen z. B. 15 g HCN/m³ bei einer Exposition von 15 Minuten starke Schäden an Apfel und Mandarine hervor, während 7,3 g HCN/m³ selbst bei fünfständiger Begasungsdauer Apfelsetzlinge gar nicht und Mandarine nur schwach schädigten. Umgekehrt fand Jungmann (21), daß starke Giftgaben bei kurzer Begasungsdauer günstiger für die Pflanzen wären, als niedrigere Dosierungen bei langer Begasungsdauer. Johnson (22) weist darauf hin, daß Baumschulsetzlinge bei der Begasung trocken sein müßten und die Blausäureschäden mit ansteigender Temperatur zunehmen. J. Davis (23) bringt ebenfalls einen Hinweis auf die Steigerung der Blausäureschäden durch Feuchtigkeit. Baumschulware darf nach Davis nur im trockenen Zustand der Begasung unterworfen werden, da schon geringe Feuchtigkeitsmengen Gasschäden an den Bäumen auslösen. Nach V. H. Lowe & P. Z. Parrott (24) verursachen schon 4,3 g HCN/m³ bei einstündiger Begasung an Pflirsichbäumen geringe Schäden. Für Apfel, Kirsche, Birne und Pflaume ist diese Konzentration verträglich.

Ich führte die ersten diesbezüglichen Versuche schon im Jahre 1934 durch. Nachstehend wird eine Übersicht über diesen Teil meiner Untersuchungen gegeben.

1. Versuchsreihe 27. III. 1934.

- a) Begasete Pflanzen: Apfel (*Gloria mundi*), Birne (Salzburger), Kirsche (Germersdorfer), Zwetschke (Schöne v. Löwen), Marille (Ananas).
- b) Gaskonzentration und Begasungsdauer: 7, 10 u. 12 g HCN/m³; je 1 Stunde.

- c) Versuchsdurchführung: je 50 Baumschulbaumchen (2-3-jährig) wurden in der Begasungskammer der Obstanlage in Bockfließ, Nieder-Donau (Holzbau mit Sperrholzverkleidung, 24 m³ Rauminhalt) begast. Verfahren für die niedrigste Konzentration Calcid, für die beiden anderen Zyclon. Obige Konzentrationen wurden analytisch ermittelt.
- d) Ergebnis: Die Kontrollen wurden am 24. IV. und 30. V. 1934 durchgeführt. Die niedrigste Konzentration verursachte nur kaum merkliche Austriebsverzögerungen an Apfel und Zwetschke. Die mittlere Konzentration ließ bei der ersten Kontrolle stärkere Schädigungen an Zwetschke und geringfügige Schäden an Birne, Apfel und Marille erkennen. Bei der zweiten Kontrolle waren diese Schäden ausgeglichen, ausgenommen bei Zwetschke, deren Austrieb zum großen Teil ausblieb. Die höchste Gaskonzentration von 12 g HCN/m³ bot im Allgemeinen das gleiche Bild, jedoch im verstärkten Maße. Die Abstufung der Empfindlichkeit der geprüften Obstarten ergab folgende fallende Schädigungsreihung: Zwetschke > Birne, Apfel > Marille > Kirsche.

2. Versuchsreihe 30. März 1939.

- a) Begaste Pflanzen: Apfel: Goldparmaie, Schöner von Beskoop, Kanada Reinette, Bohnapfel, Cronceels.
Birne: Salzburger, Pastoren, Gute Luise, Herzogin von Angoulême.
Zwetschke: Hauszwetschke, Schöne von Löwen.
Kirsche: Germersdorfer, Hedelfinger, Drogans.
Weichsel: Minister Podbielski, Van der Natte.
Marille: Ungarische, Aprikose von Breda, Kremser.
Pfirsich: Kernechter vom Vorgebirge.
Nußbäume, Johannisbeere (Rote Kritzendorfer), Himbeere (Preußen), Brombeere (Youngbeere).
Unterlagen: Crataegus, Marillensämlinge, Hauszwetschke, St. Julien, Kirsche, Quitte, Mahaleb (Weichsel), Apfel, Birne, Doucin, Mirobalane, Pfirsich.
Reben: Rebenveredlungen, Riparia.
Rosen: Canina, Winet, Herbert Hover.
Flieder (Syringa vulgaris).
- b) Gaskonzentration und Begasungsdauer: 1. 20 g Calcid = 10 g HCN/m³; 2. 40 g Calcid = 20 g HCN/m³.
Begasungsdauer: Je 1 Stunde.
Praktisch erzielte Gaskonzentration bei 1. 6. 5 g HCN/m³; bei 2. 10,9 g HCN/m³.
- c) Versuchsdurchführung: Je 5 Obstsetzlinge und je 10-30 Stück der Sträucher, Rosen, Reben und Unterlagen wurden in der Gaskammer Bockfließ (siehe oben) bei 12° C begast. Die relative Luftfeuchtigkeit betrug 89 %.
- d) Ergebnis: Bei der ersten, 14 Tage nach der Begasung durchgeführten Kontrolle ließen die meisten begasten Obstbäume geringfügige Austriebsverzögerungen erkennen, bei Pfirsich unterblieb der Austrieb überhaupt. Bei der 10 Tage später vorgenommenen zweiten Kontrolle erschienen jedoch die Verzögerung bereits ausgeglichen; nur die begasten Pfirsichbäume wiesen keinerlei Austrieb auf.

Von den übrigen herangezogenen Versuchsobjekten konnte nur an Flieder

eine Beeinflussung wahrgenommen werden. Die begasten Pflanzen waren in der Entwicklung stark gehemmt und die Blüte erfolgte etwa 10 Tage später als bei den unbegasten Pflanzen. Die weitere Beobachtung wurde durch Spätfrost gestört, der die bereits voll aufgeblühten, unbegasten Kontrollpflanzen stärker schädigte als die in der Entwicklung zurückgebliebenen begasten Fliedersträucher.

Der Versuch ergab demnach, daß sämtliche herangezogenen Pflanzen, mit Ausnahme von Pfirsich und Flieder, die zur SJL-Abwehr erforderliche Gaskonzentration bei einstündiger Begasungsdauer ohne Schädigungsgefahr vertragen.

Bezüglich Pfirsich und Flieder verblieb diese Frage noch offen, da der verhältnismäßig geringe Umfang dieses Versuches ein abschließendes Urteil nicht gestattete, zumal die Versuchsergebnisse bei den letztgenannten Objekten auch durch Frostschäden beeinträchtigt sein konnten.

3. Versuchsreihe 4. April 1939.

- a) Begaste Pflanzen: Rhododendron (*Catawbiensi*) und Azalee (Hexe, Ernst Thiers, Albert Elisabeth, *Verveaneana*, Md. v. d. Cruyssen).
- b) Gaskonzentration und Begasungsdauer: wie bei Versuch 2 (siehe oben).
- c) Versuchsdurchführung: Begasung in einer Gaskiste (1 m³), bei 14° C und 75 % relativer Luftfeuchtigkeit.
Zur Begasung gelangten je drei Pflanzen von jeder Sorte.
- d) Ergebnis: Sämtliche begasten Azaleen mit Ausnahme der Sorte Hexe zeigten stärkste Verbrennungen der Blätter; die Blüten entfalteten sich nur mangelhaft. Die genannte Sorte blieb vor schweren Schäden verschont und entwickelte nahezu einwandfreie Blüten.
Überraschend gut vertrugen die Rhododendronstöcke die Begasung. Alle begasten Stöcke blühten um 10—14 Tage später als die unbegasten Kontrollpflanzen. Weder Blüten noch Blätter zeigten jedoch Spuren der Blausäureeinwirkung.

4. Versuchsreihe 23. Oktober und 3. April 1941.

- a) Begaste Pflanzen: Pfirsich (Sämling vom Vorgebirge, Waterloo, Venusbrust, J. H. Hale), *Acer ginnala* (Ahorn), *Aesculus Hippocastanum* (gemeine Kastanie), *Amorpha fruticosa* (Bastardindigo), *Berberis Thunbergi* (Berberitze-Sauerdorn), *Betula alba* (Birke), *Caragana aborescens* (Erbсенstrauch), *Clematis vitalba*, *Cornus alba flaviramea* (Hartriegel), *Corylus avellana aurea* (Haselnuß), *Carpinus betulus* (Weißbuche), *Cotoneaster acutifolia* (Zwergmispel-Steinquitte), *Crataegus monogyna* (Weißdorn), *Cydonia europaea*, *Deutzia crenata* (Maiblumenstrauch), *Evonymus europaea* (Pfaffenkäpperl), *Fagus sylvatica* (Buche), *Forsythia intermedia* (Goldglöckerl), *Fraxinus excelsior* (Esche), *Laburnum vulgare* (Goldregen), *Ligustrum vulgare* (Rainweide), *Lonicera Alberti* (Heckenkirsche), *Morus alba* (Maulbeerbaum), *Populus canadensis aurea* (Pappel), *Populus Simonii fastigiata*, *Philadelphus coronarius* (Jasmin), *Prunus chinensis*, *Prunus pissardi nigra*, *Prunus triloba*, *Quercus pedunculata* (Stieleiche), *Salix rosmarinifolia* (Weide), *Sorbus aucuparia* (Eberesche), *Sambucus nigra* (Holunder), *Syringa vulgaris* (Flieder), *Symphoricarpos orbiculatus* (Schnee-

beere), *Tamarix tetrandra purpurea* (Tamariske), *Tilia grandifolia* (Linde), *Viburnum opulus* (Schneeball).

b) Gaskonzentration und Begasungsdauer:

1. 20 g Calcid = 10 g HCN/m³
2. 30 g Calcid = 15 g HCN/m³
3. 25 g HCN/m³ (Zyklonverfahren)

Gefundene Konzentration bei 1. 2,5 g HCN/m³
bei 2. 4,7 g HCN/m³
bei 3. 25 g HCN/m³

c) Versuchsdurchführung: Die Begasung wurde an je 20 Pfirsichbäumen und je 5 Stück der sonstigen Bäumchen bzw. Sträucher in einer gemauerten Gaskammer der Baumschule Praskae (Freundorf, N. D.) vorgenommen.

d) Ergebnis: Von den begasten Pfirsichsorten zeigten sich Waterloo und Venusbrust als überhaupt nicht beeinflusst. Die beiden übrigen Sorten wurden nur durch die höchste Gaskonzentration von 25 g HCN/m³ schwach bis mittelstark geschädigt; die beiden übrigen Gaskonzentrationen übten keinen ungünstigen Einfluß aus.

Von den anderen Gehölzen erwiesen sich am empfindlichsten *Corylus avellana aurea*, *Cydonia europaea*, *Deutzia crevata*, *Salix rosmarinifolia*, *Tamarix tetrandra purpurea*. Diese genannten Pflanzen erschienen durch die höchste zur Anwendung gelangte Gaskonzentration zum Teil schwer geschädigt, *Tamarix* wurde abgetötet. Die beiden niedrigeren Gaskonzentrationen hingegen riefen an keiner der begasten Pflanzen irgendeine Beschädigung hervor.

Aus diesem Versuch kann somit geschlossen werden, daß die bereits früher für alle Obstsorten mit Ausnahme des Pfirsichs gemachte Feststellung, wonach die zur SJL-Abwehr vorzuschreibenden Begasungsbedingungen für die Bäume unschädlich sind, auch für Pfirsich zutrifft. Auch gegen die Begasung der übrigen zu diesem Versuch herangezogenen Ziergehölze bestehen keine Bedenken, da nur in Einzelfällen bei einer 2½-fachen Überdosierung Schädigungen verursacht werden.

5. Versuchsreihe 31. März 1941.

a) Begaste Pflanzen: Klarapfel.

b) Gaskonzentration und Begasungsdauer: 20 g Calcid = 10 g HCN/m³. Begasungsdauer: eine Stunde. Gemessene Gaskonzentration: 6 g HCN/m³.

c) Versuchsdurchführung: Dieser Versuch wurde auf Ersuchen des Pflanzenschutzamtes Südmark in der Gaskammer (Holzbau mit Heraklith-Auskleidung, ca. 30 m³) der Baumschule Westland (Deutschlandsberg, Stmk.) ausgeführt, da das Absterben einer größeren Anzahl von Baumschulbäumen der vorangegangenen Blausäurebegasung zugeschrieben worden war. Der Versuch sollte besonders der Beantwortung der Frage dienen, ob die Begasung sehr feuchten Baummaterials besondere Gefahr für die Pflanze bringt. Die Temperatur betrug 14° C, die relative Luftfeuchtigkeit 79%. Je 50 Bäume wurden im trockenen Zustand und je 50 mit triefend nassen Wurzeln der Begasung zugeführt.

- d) Ergebnis: Weder die trockenen noch die naß begasten Bäume zeigten irgendeine Schädigung oder auch nur eine Austriebsverzögerung als Folge der Blausäurebegasung. Das gleiche Ergebnis brachte ein von der Baumschule selbst an Pfirsich (Mayflower) unter gleichen Bedingungen ausgeführter Versuch.

6. Versuchsreihe 17. April 1942.

- a) Begaste Pflanzen: Apfel: Ontario, Parkers Pepping, Charlamowsky, Weißer Wintercalvill, Schöner von Boskoop, Gelber Bellefleur; Birne: Pastoren, Köstliche von Charneu; Zwetschke: Kresinsky; Proskauer Pfirsich und Marille (Ung. Beste).
- b) Gaskonzentration und Begasungsdauer: 13 g HCN/m³ (Zyklon), Begasungsdauer: eine Stunde. Gefunden 9 g HCN/m³.
- c) Versuchsdurchführung: Begasung von je 10—20 Bäumen in einem Wellblechschuppen von 30 m³ bei 9° C.
Der Versuch sollte zeigen, ob die Blausäurebegasung einen ungünstigen Einfluß auf die Bäume ausübt, wenn sie zu einem sehr späten Zeitpunkt ausgeführt wird. Die Bäume standen unmittelbar vor dem Austrieb.
- d) Ergebnis: Sämtliche begasten Bäume zeigten starke Austriebsverzögerung (bis zu 14 Tagen verzögert), die jedoch durchwegs schon Anfangs Juni ausgeglichen erschien. Nur bezüglich der Pfirsichbäume kann bei diesem Versuch keine Aussage gemacht werden, da fast alle Versuchsbäume (auch unbehandelte Kontrollen) durch Frost stark geschädigt waren.

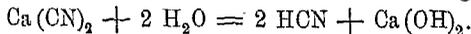
C. Begasungsverfahren.

Zur Baumbegasung stehen uns derzeit zwei neuzeitliche Verfahren der Deutschen Gesellschaft für Schädlingsbekämpfung, Frankfurt am Main, zur Verfügung: 1. das Calcid-, 2. das Zyklonverfahren.

Das alte Bottichverfahren kann wohl heute unter Berücksichtigung unserer Verhältnisse außerhalb unserer Betrachtung bleiben.

Obwohl beide genannten Verfahren bewährt sind, war es nötig, in verschiedener Richtung Versuche anzustellen, um Richtlinien für die zweckmäßigste Anwendung dieser beiden Methoden für den vorliegenden Bekämpfungszweck zu gewinnen.

Calcid ist ein Cyanalziumpräparat mit einem Gehalt von rund 50% CN. Es kommt in Form gepreßter Briketts zu je 20 g = 10 g CN in den Handel. Die Blausäureentwicklung aus Calcid erfolgt durch Reaktion des Cyanalziums mit Wasser nach der Gleichung



Bei feiner Vermahlung und Verstäubung des Cyanalziums (Calcids), die mit Hilfe des Calcidverstäubers geschieht, vollzieht sich die Zersetzung unter Bildung von Blausäure schon in kürzester Zeit durch Einwirkung der Luftfeuchtigkeit.

Zyklon ist ein in verlöteten Dosen abgefülltes Blausäurepräparat,

das flüssige Blausäure, aufgesaugt in einer Trägermasse (z. B. Pappescheiben), enthält. Zur Begasung werden die Dosen geöffnet und die flüssige Blausäure verdunstet nach dem Ausstreuen des Doseninhaltes auf dem Boden des Gasraumes innerhalb kürzester Zeit.

Für das Calcidverfahren war vor allem die Prüfung von Interesse, unter welchen Feuchtigkeitsbedingungen eine befriedigende Blausäureausbeute aus dem Cyancalcium erzielbar ist. Mit Cyancalciumpräparaten amerikanischer Provenienz hatte bereits H. J. Quayle (25) Versuche in dieser Richtung ausgeführt.

Ich führte Begasungen mit verschiedenen Calcidgaben bei niedriger, mittlerer und hoher Luftfeuchtigkeit in dem eingangs beschriebenen Gaskasten aus. Um zu vermeiden, daß durch die Calcidverstäubung Außenluft in den Gasraum gelangt, wodurch die auf eine bestimmte Höhe eingestellte Luftfeuchtigkeit verändert würde, stellte ich den Verstäuber im Inneren des Gaskastens so auf, daß das die Antriebskurbel tragende Achsenende durch einen durchbohrten Gummistopfen nach außen geführt wurde. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Ausbeuteverhältnisse bei der Calcidverstäubung:

Blausäureentwicklung aus Calcid.

Temperatur 20° C; CN-Gehalt der verwendeten Tabletten durchschnittl. 47%

Calcid-dosierung g CN m ³	% rel. Luftfeuchtigkeit	Gefunden g CN/m ³ Gasraum nach Minuten				
		5	10	15	30	60
5	30	2,6	3,2	3,3	3,3	3,3
5	60	3,4	3,6	3,6	3,6	3,6
5	90	3,4	3,7	3,7	3,7	3,7
10	30	5,1	5,4	5,5	5,6	5,6
10	60	5,7	6,1	6,5	6,5	6,5
10	90	6,0	6,2	6,5	6,5	6,5
20	30	5,5	5,9	6,9	7,1	7,2
20	60	7,9	8,0	8,3	8,3	8,2
20	90	8,9	9,2	9,2	9,2	9,1

Demgegenüber betragen die Ausbeuten im gleichen Gasraum bei Zyklen:

Zyklon-dosierung g CN/m ³	Gefunden g CN/m ³ Gasraum nach Minuten				
	5	10	15	30	60
50	45,7	49,0	49,2	49,2	49,1

Aus diesen Zahlen ist zu ersehen, daß die Adsorptionsverluste in dem benutzten Gaskasten geringfügig sind und daß auch der praktisch gasdichte Abschluß gewährleistet erscheint. Die Gegenüberstellung der Ausbeutezahlen der beiden Verfahren verdeutlicht den Hauptvorzug des

Zyklonverfahrens gegenüber Calcid, bei dem die schwankenden Ausbeuten einen gewissen Unsicherheitsfaktor darstellen. Nach unseren Erfahrungen sind auch, abgesehen von der Frage der Gasansbeute, die Adsorptionsverluste beim Calcidverfahren in nicht idealen Gaskammern höher als beim Zyklonverfahren, wie im nächsten Abschnitt noch gezeigt wird. Die feine Verteilung des Calcidstaubes, der auch an den Wänden haften bleibt, fördert offenbar die Bindung des Gases an den Wänden. Andererseits bietet aber die durch die Verstäubung des Calcids erreichte feine Verteilung des Pulvers den großen Vorteil, daß sich auch die Gasverteilung im Raume wesentlich rascher vollzieht als bei der Zyklonanwendung.

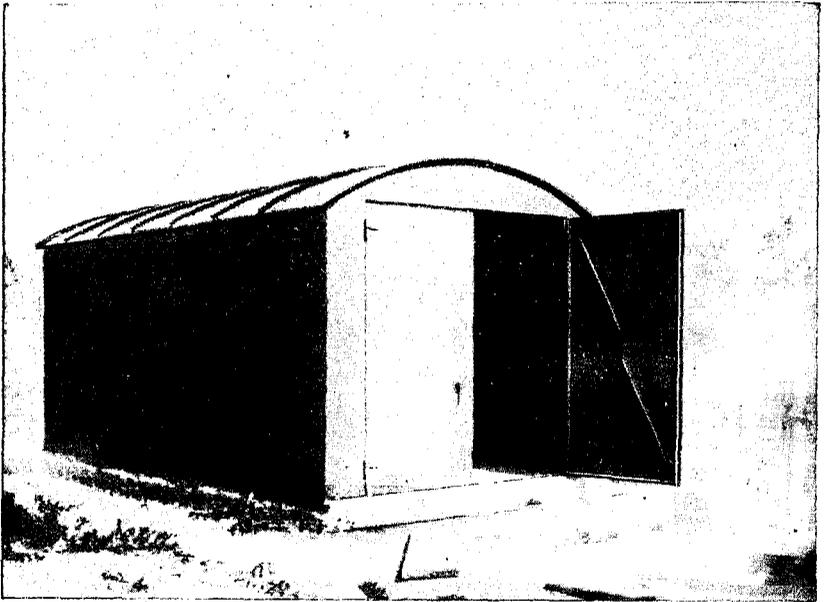


Fig. 6. Begasungsschuppen aus glattem Stahlblech; Einheitstyp für Baumschulen, 4,7 m lang, 2,7 m breit, 2,4 m Gesamthöhe; Inhalt rund 30 m³.

Die Calcidversuche zeigen, daß der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Blausäureausbeuten mit steigender Calciddosierung zunimmt. Er hält sich bei 20 g Calcid = 10 g CN/m³ in Grenzen, die eine Berücksichtigung der Luftfeuchtigkeit bei Durchführung von Begasungen in der Praxis, zumindest unter den Feuchtigkeitsbedingungen unserer Gebiete, nicht unbedingt erforderlich erscheinen lassen.

Einer Erhöhung der Gaskonzentration beim Calcidverfahren sind im Hinblick auf die für die Auslösung der Reaktion $\text{Ca}(\text{CN})_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ er-

forderliche Luftfeuchtigkeit bestimmte Grenzen gesetzt. Wie aber unsere umfangreichen Begasungsversuche ergeben haben, reichen die in der Praxis mit Calcid erzielten Gaskonzentrationen aus, die Abtötung der SJL mit einiger Sicherheit zu gewährleisten, wenn die Begasung der Pflanzen in der Zeit geringerer Blausäureresistenz der Schildlaus ausgeführt wird, was bei Begasung von Versandmaterial in der Vegetationsruhe ja der Fall ist.

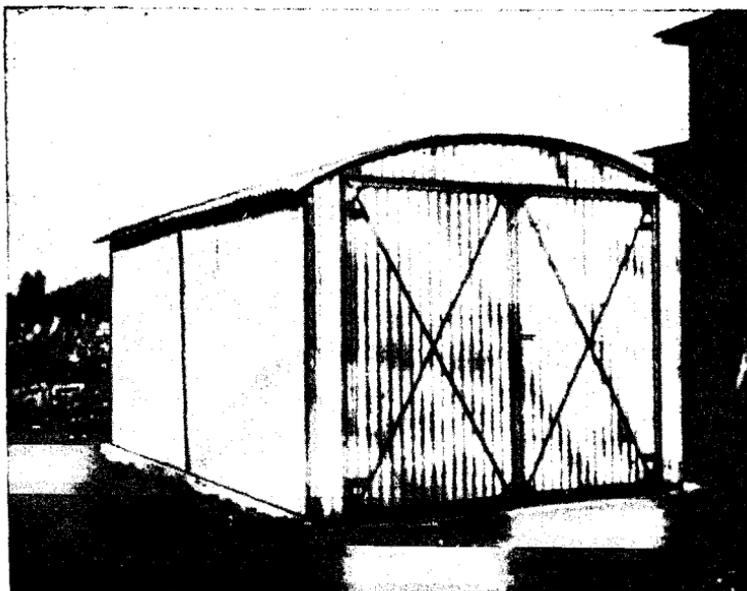


Fig. 7. Begasungsschuppen aus Wellblech. 5 m lang, 3 m breit, 2 m hoch; Inhalt 30 m³.

Gegenüber seinem erwähnten Nachteil bietet jedoch das Calcidverfahren hinsichtlich der einfachen Handhabung Vorteile, die seine Anwendung nach dem gegenwärtigen Stande zur Begasung von Pflanzen geboten erscheinen lassen. Entscheidend ist hier die Möglichkeit, Nichtfachleute auf dem Gebiete der Begasung, mit diesem Verfahren nach kurzer Schulung vertraut zu machen und ihnen die Anwendung unter Ausschaltung der Gefahrenmomente zu ermöglichen. Beim Zyklonverfahren ist dies, zumindest nicht ohne besondere technische Einrichtungen, die aber derzeit für die Pflanzenbegasung nicht zur Verfügung stehen, unmöglich.

Dem Zyklonverfahren müssen jedoch alle Begasungen in Eisenbahnwaggons sowie Begasungen verpackten Baumaterials vorbehalten bleiben,

für die höhere Gaskonzentrationen (15 g HCN/m^3) erforderlich sind, die mit Calcid kaum erzielbar sind.

D. Begasungseinrichtungen.

Wie schon erwähnt, wird die Blausäure in den Citruskulturen zur Schildlausbekämpfung an Freilandbäumen in größtem Maßstabe verwendet. Die Bäume werden zum Zwecke der Begasung mit Zeltplanen abgedeckt, unter denen sich die Gasentwicklung vollzieht.

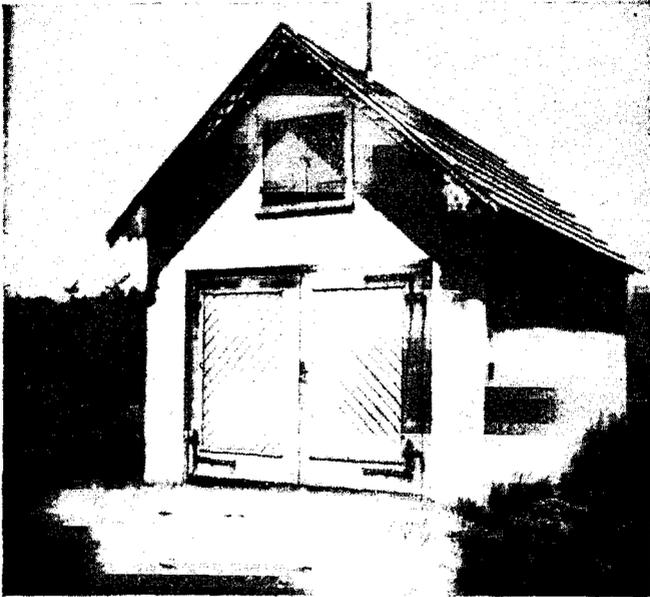


Fig. 8. Gemauerte Gaskammer in einer Baumschule in N. D. 6 m lang, 3,2 m breit, 2,3 m hoch; Inhalt rund 44 m^3 .

Dieses Verfahren führt bei der SJL-Bekämpfung kaum zu 100% igen Erfolgen, da es ausgeschlossen ist, die zur Abtötung der SJL erforderlichen gst-Einheiten bei Zeltbegasungen zu erreichen, es wäre denn durch wiederholte Gaseinführung. In Fig. 10 ist der Konzentrationsverlauf bei einer an einem $1,30 \text{ m}$ hohen Pfirsichbäumchen mit einem Durchmesser von $0,90 \text{ m}$ durchgeführten Zeltbegasung dargestellt. Wohl wird ein verhältnismäßig hoher Spitzenwert erzielt, der den in stark adsorbierenden Gaskammern erreichten sogar übersteigt, doch wird diese hohe Konzentration nur wenige Minuten gehalten. Die Konzentrationskurve fällt steil ab und zeigt schon nach 10 Minuten nur mehr ein Viertel, nach 15 Minuten etwa ein Zehntel des Höchstwertes.

Zur sicheren Erzielung absoluter Abtötung ist daher zur SJL-Bekämpfung unbedingt die Verwendung fester Gaskammern nötig.

Die Notwendigkeit der raschen Schaffung einer größeren Anzahl fester Gaskammern für den gegenständlichen Bekämpfungszweck veranlaßte den Generalsachbearbeiter für die Bekämpfung der SJL, Herrn Ob.-Reg.-Rat Dr. M. Schwartz im Hinblick auf die zeitbedingten Schwierigkeiten eine Kammertype zu schaffen, die auch unter den gegen-

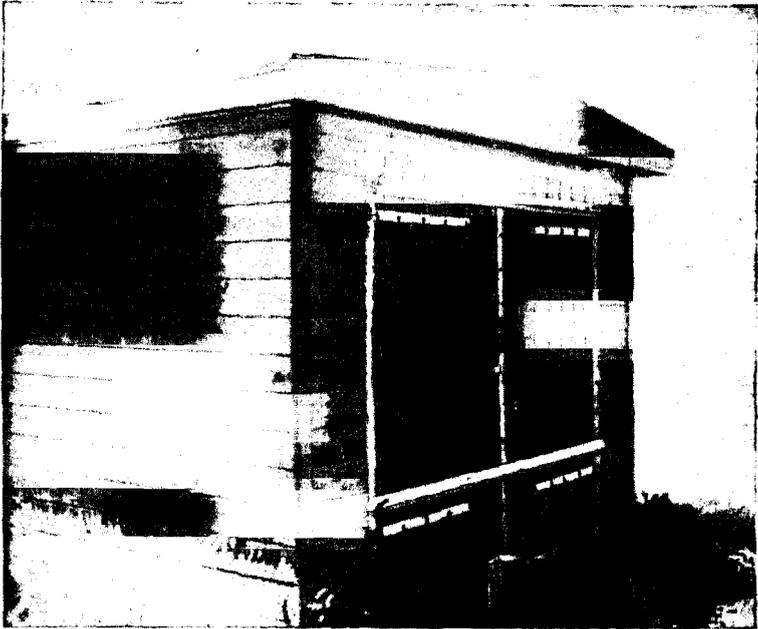


Fig. 9. Gaskammer aus Holz in einer Obstanlage in N. D. (Linnen Sperrholzauskleidung). 4,77 m lang, 2,77 m breit, 1,98 m hoch; Inhalt rund 26 m³.

wärtigen Verhältnissen in ausreichender Anzahl und mit der gebotenen Beschleunigung bereitgestellt werden kann. Die Wahl fiel auf eine Stahlblechkonstruktion, die gegenüber den sonst bevorzugten gemauerten Gaskammern den Vorteil der raschen Aufstellung und der Möglichkeit einer Standortsverlegung bietet. Die Einführung dieser Type war zunächst mit Rücksicht auf die von verschiedenen Seiten gegen diese Ausführungsform geäußerten Bedenken nur als behelfsmäßige Lösung gedacht (Fig. 6).

Da aus privater Initiative auch verschiedene gemauerte und in Holz ausgeführte Gaskammern zum Zwecke der Baumbegasung errichtet wurden, konnten Vergleichsversuche bei den Begasungen in den verschiedenen

Typen angestellt werden. Die Abbildungen 7—9 zeigen einige dieser zum Zwecke der Baumbegasung errichteten Gaskammern. Fig. 10 und 11 veranschaulichen die in diesen Kammern gewonnenen Konzentrationskurven für Zyklon und Calcid.

Die vergleichenden Versuche ergaben überraschenderweise die ganz hervorragende Eignung der Stahlblechkonstruktion für unsere Zwecke. Der Hauptvorteil liegt darin, daß die Adsorptionsverluste praktisch gleich Null sind und ein Konzentrationsabfall tritt bei der unschwer erziel-

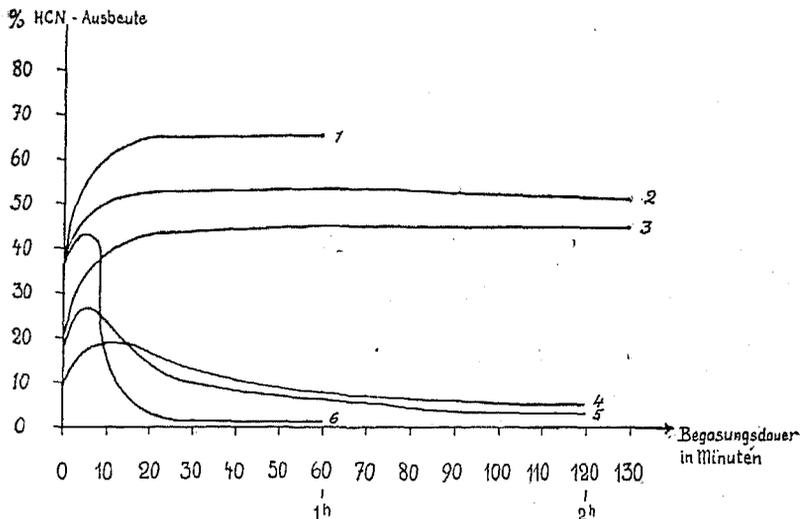


Fig. 10. Calcidbegasungen mit 1 Tablette Calcid à 20 g Calcid = 10 g CN/m³, 18—22° C, 60—78% rel. Luftfeuchtigkeit. — 1 = Glaskasten für Laboratoriums-Versuche. 2 = Begasungsschuppen aus glattem Stahlblech (Fig. 6). 3 = Wellblechschuppen (Fig. 7). 4 = gemauerte Gaskammer (Fig. 8). 5 = Holzkammer (Fig. 9). 6 = Zeltbegasung.

baren guten Abdichtung während der Begasungsdauer von einer Stunde überhaupt nicht ein. Der Nachteil der guten Wärmeleitung des Bleches fällt nicht so sehr in die Waagschale, da sich die geringe Temperaturabhängigkeit der Blausäurewirkung gegen SJJ gezeigt hat. Es ist richtig, daß die Benutzung technisch einwandfrei ausgeführter gemauerter Gaskammern mit entsprechender Ausgestaltung der Innenwände (Lackanstrich) zu den gleichen Ergebnissen führt. Bei der praktischen Benutzung der Gaskammern besteht jedoch, wie sich gezeigt hat, immer die Gefahr einer Beschädigung des Anstriches durch das eingeführte sperrige Baumaterial, so daß nach kurzer Benutzungszeit die Adsorptionsverluste in solchen Kammern beträchtlich sind. Die Abdichtung der Stahlblechschuppen

erfolgt mit Hilfe von Kitt und Bitumenanstrich. Besonders hervorzuheben ist noch der wesentlich niedrigere Preis der Blechschuppen gegenüber gemauerten Gasräumen.

Am ungeeignetsten ist Holz als Baustoff für Gaskammern, die ungeschützt im Freien zur Aufstellung kommen, da eine dauerhafte Dichthaltung von Holzkammern mit Rücksicht auf die Anstrocknung und die Empfindlichkeit des Baustoffes gegen Witterungseinflüsse schwierig ist.

Bemerkenswert ist noch der Unterschied im Konzentrationsverlauf bei Zyklon und Calcid. Abgesehen von den niedrigeren Calcidausbeuten ist aus den Kurven zu ersehen, um wieviel rascher die gleichmäßige Gasverteilung beim Calcid gegenüber dem Zyklonverfahren erreicht wird.

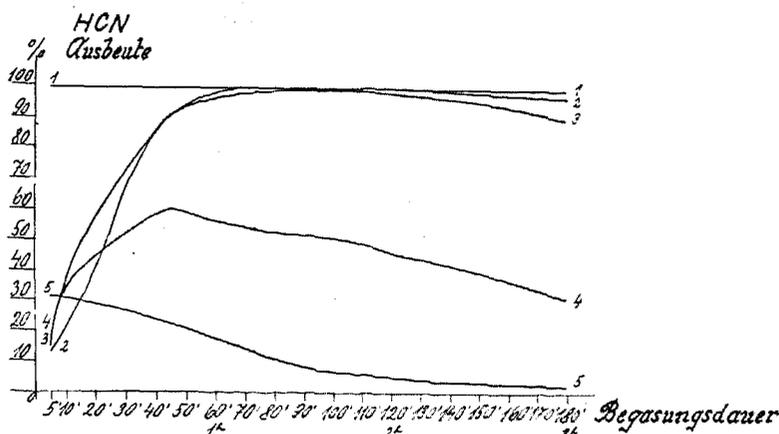


Fig. 11. Zyklonbegasungen mit 10 g HCN/m³, 18–22° C. — 1 = Glaskasten für Laboratoriums-Versuche. 2 = Begasungsschuppen aus glattem Stahlblech (Fig. 6). 3 = Wellblechschuppen (Fig. 7). 4 = gemauerte Gaskammer (Fig. 8). 5 = Holzkammer (Fig. 9).

Die dargestellten Konzentrationsversuche wurden, um einen Vergleich zu gestatten, in leeren Gaskammern ausgeführt. In gefüllten Kammern ist die Gasverteilung naturgemäß noch mehr gehemmt. Daraus geht hervor, daß für das Zyklonverfahren bei einstündiger Begasungsdauer, wie sie für Pflanzen vorgeschrieben ist, die Verwendung eines Ventilators zur Beschleunigung der Gasverteilung erforderlich ist, wenn die ideale Lösung des Einbaues eines Kreislaufsystems nicht möglich erscheint. Die gewählte Einheitstyp ist aus glattem Stahlblech in den Ausmaßen 4,7 m Länge, 2,7 m Breite, 2 m Seitenhöhe und 2,4 m Gesamthöhe gebaut. Die Verkleidung des starken Konstruktionsgerippes erfolgt mit 1,5 mm dickem, glatten, zur Versteifung jedoch abgekanteten Stahlblech; die Abdeckung mit ebensolchem, jedoch gewölbten Stahlblech. Die genaue Verpassung

und Bohrung der einzelnen Plattenelemente gestattet eine leichte Montage auch durch ungeschulte Kräfte. Die Vorderseite des Schuppens trägt ein 2-flügeliges Drehlor, die Rückseite ein von außen zu öffnendes und schließendes kleines einflügeliges Fenster. Der Schuppen ist auf einem Betonfundament aufgestellt. An der Türe ist ein mit Schraubdeckel versehener Stutzen angebracht, der zur Einführung des Schlauches des Calcidverstäubers dient.

Außer der Verwendung ortsfester Kammern kommt auch noch die Begasung von Pflanzen in Holzkisten sowie in Eisenbahnwaggons in Frage. Eisenbahnwagen lassen sich meist in ausreichender Weise durch Verkleben der Tür- und Fensterränder mit Papierstreifen abdichten. Konzentrationsmessungen bei Waggonbegasungen ergaben bei zweckentsprechender Abdichtung noch nach Ablauf einer Stunde etwa $\frac{3}{4}$ der ursprünglich vorhandenen Blausäurekonzentration. Hingegen tritt starker Gasverlust ein wenn das Verkleben unterlassen oder nicht sorgfältig ausgeführt wird, da die beiden großen Waggontüren naturgemäß ein verhältnismäßig rasches Entweichen der Blausäure gestatten. In einem solchen Falle mangelhafter Abdichtung waren nach 45 Minuten bereits 75 % der ursprünglich vorhandenen Gasmenge entwichen.

IV. Richtlinien für die Begasung auf Grund der vorliegenden Versuchsergebnisse.

Auf Grund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse müßte zur absolut sicheren Erzielung 100 % iger Abtötung zur Bekämpfung der SJL die Begasung mit 10 Wirkungseinheiten vorgeschrieben werden. Dieser gest-Aufwand läßt sich aber mit Calcid unter praktischen Begasungsbedingungen nur bei dreistündiger, unter sehr günstigen Bedingungen bei zweistündiger Begasungsdauer erreichen. Aus praktischen Gründen sollen längere als einstündige Begasungszeiten beim Baumversand möglichst vermieden werden. Die Feststellung, daß die Blausäureresistenz der SJL in der Zeit der Vegetationsruhe, in welche der Baumversand, für den die Begasung vorgeschrieben ist, fällt, bedeutend verringert ist, gestattet die Berücksichtigung dieser Forderung der Praxis.

Es ergeben sich auf Grund der Untersuchungsbefunde folgende Begasungsrichtlinien:

1. Die Begasung erfolgt mit Blausäure nach zwei verschiedenen Verfahren:
 - a) Calcidverfahren, das auch von hierzu ausgebildeten Personen im Auftrage und mit Ermächtigung des zuständigen Pflanzenschutzamtes angewendet werden darf;
 - b) Zyklonverfahren, das unter Beobachtung der Reichsvorschriften und Ausführungsbestimmungen für die Anwen-

dung hochgiftiger Stoffe zur Schädlingsbekämpfung nur von den zur Blausäurebegasung konzessionierten Firmen und den dazu besonders ermächtigten Personen und Stellen angewendet werden darf.

Für die Waggonbegasung sowie für die Begasung verpackten Baummaterials ist nur das Zyklonverfahren zulässig. Für alle sonstigen Begasungen kann hingegen sowohl das Zyklon- als auch das Calcidverfahren herangezogen werden.

2. Gasmenge: Je Raummeter Begasungsraum Dosierung 10 g Blausäure (= 1 Calcidtablette zu 20 g). Nur bei der ausnahmsweise gestatteten Begasung verpackten Pflanzenmaterials sind 15 g Blausäure je Raummeter bei ausschließlicher Anwendung des Zyklonverfahrens zu dosieren.
3. Begasungsdauer: eine Stunde.
4. Temperatur: mindestens 5° C.

Bezüglich der Einzelheiten sei noch auf die Richtlinien für die Begasung von Baumschulerzeugnissen in Eisenbahnwagen mit Blausäure sowie auf das Flugblatt der B.R.A. Nummer 180 (26, 27) hingewiesen.

V. Zusammenfassung.

1. Es wurde erstmalig versucht in exakten Versuchen Abtötungskurven für die Blausäurewirkung gegen *Aspidiotus perniciosus* Comst. zu gewinnen.
2. Die Abtötung der SJL folgt weitgehend der bekannten Gesetzmäßigkeit hinsichtlich Gaskonzentration und Begasungsdauer. Ein verhältnismäßig stärkeres Abweichen von dieser Gesetzmäßigkeit im Sinne einer Vergrößerung des Konzentrations-Zeit-Produktes ergibt sich nur bei sehr niedrigen Gaskonzentrationen.
3. Die Blausäureresistenz der SJL ist in sehr hohem Maße von dem Entwicklungszustand des Schädlings abhängig. Zur Zeit knapp vor dem Larvenauslauf, wenn also die geschlechtsreifen Tiere überwiegen, weist die SJL eine Resistenzspitze auf.
4. Die Blausäurewirkung gegen SJL ist nur in geringem Maße temperaturabhängig. Auch bei Temperaturen um 0° C konnten noch befriedigende Begasungserfolge erzielt werden.
5. Durch 5–10fachen Kohlensäurezusatz konnte keine Wirkungssteigerung der Blausäure erreicht werden.
6. Die Blausäureempfindlichkeit der Schildläuse wird durch die Art der Wirtspflanze nicht beeinflusst; hingegen ändert sich die Blausäureresistenz mit dem physiologischen Zustand der Wirtspflanze. An kränklichen Bäumen ist die Laus schon durch sehr niedrigen gast-Aufwand abtötbar.
7. In umfangreichen Versuchen wurde das Verhalten der verschiedensten Wirtspflanzen des Schädlings gegenüber Blausäure untersucht. Von den Obstgehölzen erwiesen sich gewisse Pfirsichsorten als am empfind-

- lichsten gegen Blausäureeinwirkung. Von den Ziergehölzen waren: *Corylus avellana aurea*, *Cydonia europaea*, *Deutzia crenata*, *Salix rosmarinifolia*, *Tamarix tetrandra purpurea* am empfindlichsten. Eine Schädigung trat jedoch nur in Überkonzentrationen ein, während unter den zur S.JL-Abwehr vorgeschriebenen Bedingungen keine merklichen Schädigungen zu beklagen waren.
8. Die Ausbeuteverhältnisse beim Calcid- und Zyklonverfahren wurden eingehend studiert und dargestellt.
 9. Die für die Begasung von Baumschulmaterial gewählte und erprobte Einheitstypen einer Begasungskammer aus Stahlblech wurde beschrieben.
 10. Für die Begasung von Baumschulmaterial wurde die Dosierung von 10 g HCN/m³ bei einstündiger Begasungsdauer vorgeschrieben. Die Begasung verpackten Pflanzenmaterials hat mit 15 g HCN/m³ bei einstündiger Begasungsdauer zu erfolgen, wobei ausschließlich das Zyklonverfahren zulässig ist.

VI. Schrifttum.

1. Beran, F., Die Bekämpfung der San José-Schildlaus (*Aspidiotus perniciosus* Comst.) mit Spritzmitteln. Ztschr. Pflzkrankh. 52, 289—316, 1942.
2. Moritz, J., Versuche, betreffend die Wirkung von gasförmiger Blausäure auf Schildläuse, insbesondere auf die San José-Schildlaus. Arb. Biol. Abt. Land- u. Forstw. kaiserl. Gesundh.-Amt, 3, 188—147, 1908.
3. Sirrine, F. A., Treatment for San José-Scale in Orchards. I. Orchard Fumigation. N. Y. Agr. Expt. Stat. Geneva, Bull. 209, 345—372, 1901.
4. Quaintance, A. L., Fumigation of apples for the San José-Scale. U. S. Dept. Agric., Bureau of Entomology, Bull. 84, 1—43. Washington, 1909.
5. Watzl, O., Entwicklungsdaten, Bekämpfbarkeit und Schadensbedeutung der San José-Schildlaus. Ztschr. angew. Ent., 25, 92—100, 1938.
6. Beran, F., Versuche zur San José-Schildlausbekämpfung mit Blausäure. Ztschr. angew. Ent., 27, 496—502, 1940.
7. Wiesmann, R., Die San José-Schildlaus und ihre Vernichtung auf Importäpfeln. Schweiz. Ztschr. Obst- u. Weinbau, 69, 421—424, 1933.
8. Beran, F., Versuche zur Blausäurebegasung von Baumschulmaterial. Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzdienst, 20, 41—44, 1940.
9. Peters, G. & Ganter, W., Zur Frage der Abtötung des Kornkäfers mit Blausäure. Ztschr. angew. Ent., 21, 547—559, 1935.
10. — Temperaturabhängigkeit der Wirkung von Äthylenoxyd-Kohlensäure-Gemischen (Cartox) auf Kornkäfer. Ztschr. ges. Getreidewesen, 27, 155 bis 158, 1940.
11. Quayle, H. J. & Rohrbaugh, P. W., Temperature and Humidity in Relation to HCN Fumigation for the Red Scale. Journ. Econ. Ent., 27, 1083—1095, 1934.
12. Schoene, W. J., Influence of Temperature and Moisture in Fumigation. N. Y. Agr. Exp. Stat. Geneva, Techn. Bull. Nr. 30, 1913.
13. Brinley, F. J. & Baker, R. H., Some Factors affecting the Toxicity of Hydrocyanic Acid for Insects. Biol. Bull. Woods Hole, 53, 201—207, 1927.
14. Peters, G. & Ganter, W., Kornkäferbekämpfung mit Blausäure und Äthylenoxyd. Ztschr. ges. Getreidewesen, 22, 122—131 u. 140—145, 1935.

15. Hazelhoff, E. H., CO₂ a Chemical Accelerating the Penetration of Respiratory Insecticides into the Tracheal System by Keeping open the Tracheal Valves. Journ. Econ. Ent., **21**, 790, 1928.
16. Moore, W., Fumigation Experiments with the California Red Scale under Orchard Conditions. Journ. Econ. Ent., **27**, 1042—1055, 1934.
17. Quayle, H. J., Resistance of certain Scale Insects in certain Localities to HCN Fumigation. Journ. Econ. Ent., **15**, 400—404, 1922.
18. Fulmek, L., Verbreitung und Nährpflanzen der San José-Schildlaus in der Ostmark. Arb. physiol. angew. Ent., **7**, 177—182, 1940.
19. Sachtleben, H. & Fulmek, L., Die San José-Schildlaus. Flugbl. Biol. Reichsanst., 122/123, 2. Aufl., 1940.
20. Kiyashko, P. J., Determining the Limits of Concentration of HCN for the Seedlings of Apple and Pear Trees; Comparative Effectiveness of Action of HCN in high Concentrations with short Exposures or low Concentrations with prolonged exposures on Apple and Mandarin Trees. Scient. Res. Work Inst. Plant. Prot. for the Year 1935, Lenin Acad. Agric. Sci., Leningrad 1936, 398—401.
21. Jungmann, Physiologisch-anatomische Untersuchungen über die Einwirkung von HCN auf Pflanzen. Ber. Deutsch. Bot. Ges., **39**, 84, 1921.
22. Johnson, Fumigation Methods, New-York, 1902.
23. Davis, J., Status of Hydrocyanic Acid Gas Treatment of Nursery Stock. Journ. Econ. Ent., **17**, 440—443, 1924.
24. Lowe, V. H. & Parott, P. J., San José Scale Investigations III. N. Y. Agr. Exp. St. Geneva, Bull. 202, 1901.
25. Quayle, H. J., Fumigation with Calcium Cyanide Dust. Hilgardia, **3**, 207—232, 1928.
26. Schwartz, M., Richtlinien für die Begasung von Baumschulerzeugnissen in Eisenbahnwagen mit Blausäure. Flugblatt des Reichsbeauftragten für die Bekämpfung der SJJ, Wien, 1942.
27. Beran, F., Begasung von Baumschulerzeugnissen mit Blausäure. Flugbl. Biol. Reichsanst. 180, 1941.