

Die Laboratoriums-Prüfung der insektiziden Wirkung von Holzschutzmitteln und die Beurteilung ihrer Ergebnisse.

Von Günther Becker und Bruno Schulze,

Staatliches Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem,
Fachbereich Werkstoff-Biologie.

Die Notwendigkeit einer Laboratoriumsprüfung der insektiziden Wirkung von Holzschutzmitteln, insbesondere zur Bekämpfung der Hausbockkäfer-Larven, braucht nicht weiter erörtert zu werden. Bekannt ist fernerhin, daß durch die Eigenarten der Holzschädlinge nicht allein deren Bekämpfung, sondern auch die Prüfung der hierfür bestimmten Mittel recht schwierig, vor allem die Übertragung der im Laboratoriumsversuch erhaltenen Ergebnisse auf die praktischen Verhältnisse wohl noch weniger einfach ist als auf manchem anderen Gebiet der Schädlingsbekämpfung.

Gegen ein von den Verfassern ausgearbeitetes und im Staatlichen Materialprüfungsamt, zugleich im Rahmen der „Arbeitsgemeinschaft zur Förderung der Hausbockkäferbekämpfung“, bisher in weitem Umfange angewendetes Verfahren zur vergleichenden Beurteilung der insekten-tötenden Wirkung von Holzschutzmitteln sind kürzlich in dieser Zeitschrift von J. Kaltwasser Bedenken und Einwände erhoben worden, bevor nach diesem Verfahren gewonnene Ergebnisse oder Beurteilungen von Schutzmitteln gegen den Hausbockkäfer von den Verfassern öffentlich bekannt gegeben worden sind. Zu diesen Einwänden soll im Folgenden kurz Stellung genommen werden.

Die von W. Trappmann und K. Schuch entwickelten Prüfverfahren (W. Trappmann 1937, K. Schuch 1938) werden als bekannt vorausgesetzt. 1. Zur Prüfung des Bekämpfungswertes werden dabei Holzklötze von Bauholzstärke mit vorher eingesetzten, großen Hausbock-Larven in der in der Praxis üblichen Weise äußerlich behandelt. 2. Die Prüfung der vorbeugenden Wirkung erfolgt durch Einsetzen von Hausbock-Eilarven (in geeigneten Rillen) in kleine Klötzchen, die a) durch längeres Eintauchen in das unverdünnte Schutzmittel nahezu vollgetränkt sind, b) durch kürzeres Eintauchen nur in den obersten Schichten imprägniert sind.

Beim Arbeiten nach diesen Verfahren zeigte es sich bald, daß die unter 2a genannte Methode fortfallen kann, weil dabei bis auf ganz vereinzelte Fälle sämtliche geprüften Mittel einen 100%igen Erfolg erbringen, ohne daß daraus auf eine entsprechend gute Wirkung in der Praxis geschlossen werden kann. Das unter 2b genannte, den praktischen Verhältnissen sehr angenäherte Vorgehen dagegen erwies sich als sehr geeignet zur Bestimmung des Vorbeugungswertes, da sich die Tiere durch eine mehr oder weniger dünne behandelte Holzschicht hindurchnagen müssen, um in das unbehandelte Holz zu gelangen, wobei sie von dem Holz fressen oder dies unterlassen können. Freilich ist für die praktische Anwendung zu berücksichtigen, daß ein Einbohren der Jung-

larven vorzugsweise in Trockenrissen erfolgt, die auch nach der Imprägnierung neu auftreten können.

Die Verwendung der Klötze von Bauholzstärke stellt, worauf P. Steiner und J. Kaltwasser bereits hingewiesen haben, etwas zu hohe Anforderungen an die Wirksamkeit der Bekämpfungsmittel; mit einer 100 % igen Wirkung kann nicht gerechnet werden. Da das Ergebnis durch den zufälligen Abstand der Tiere von der Oberfläche und die Beschaffenheit des Holzes großen Zufälligkeiten ausgesetzt ist, bedarf es einer genügenden Anzahl von Einzelversuchen. Die Brauchbarkeit der Methode haben K. Schuch und J. Kaltwasser nachgewiesen.

Das von den Verfassern entwickelte Verfahren (B. Schulze & G. Becker 1938, G. Becker & B. Schulze 1940, B. Schulze & G. Becker 1942) sucht die genannten Methoden in der Richtung zu ergänzen, die diese bewußt nicht verfolgen, die aber — zumindest vergleichsweise — das Ziel einer jeden Mittelprüfung im Laboratoriumsversuch ist: die exakte, in durchaus einheitlicher Weise wiederholbare Bestimmung miteinander vergleichbarer Giftwerte. Denn, so sagt z. B. F. Stellwaag (1938): „Der Standpunkt des Praktikers in der Schädlingsbekämpfung, der den Wert eines Bekämpfungsmittels nach der Endwirkung beurteilt, kann für die Beurteilung der Wirkung eines Stoffes nicht maßgebend sein. Denn die Kenntnis des Grenzwertes bildet allein die notwendige Grundlage jeder gesicherten, von Variablen unabhängigen Vergleichsbewertung“.

Zum Zwecke dieser Grenzwert-Ermittlung werden nach B. Schulze & G. Becker in bestimmter Weise ausgewählte Holzklötzchen unter Verwendung von Unterdruck mit gleichmäßig abgestuften Verdünnungen der Schutzmittel getränkt. Dabei enthalten alle Teile des Klötzchens annähernd die gleiche Giftstoffkonzentration. Nach einheitlicher Lagerungsdauer und -Art werden in diese Hölzer die Versuchstiere eingesetzt, und nach wiederum einheitlicher Versuchszeit wird die Zahl der lebenden und toten Tiere und ihr Verhalten während des Versuchs festgestellt. Als Versuchszeiten wurden zunächst nur 4 Wochen und 3 Monate angewendet. Die Wahl gerade dieser Zeiträume wird im Folgenden begründet werden.

Zu diesem Vorgehen bemerkt J. Kaltwasser u. a. (S. 172): „Die auf diese Weise erhaltenen Hemmungswerte müssen um so höher sein, je kürzer die Laufzeit der Versuche ist. Da diese ganz willkürlich gewählt worden ist, und teilweise so kurz, daß die Tiere die ganze Zeit über hungern konnten, so entbehren die Werte jeder zuverlässigen theoretischen Begründung“. Er setzt allerdings als Fußnote hinzu: „Selbstverständlich ist auch die gleichzeitige Variation von Konzentration und Zeit zur Erfassung des Giftwertes möglich. Es ist dann aber notwendig, nach einer geeigneten Formel aus beiden Faktoren die Giftwertzahl zu berechnen (Stellwaag 1929, 1930, 1931). Wenn sie in kg/cbm ausgedrückt wird, so ist die Zeit darin nicht enthalten, obwohl sie eine wichtige Rolle spielt“.

Was zunächst die „ganz willkürlich gewählten“ und teilweise zu kurzen Versuchszeiten anbetrifft, so dürfte J. Kaltwasser übersehen haben, daß seine Versuche zur Bestimmung des „absoluten Hemmungswertes“ 2 Monate liefen — sofern bei den Zahlentafeln Versuchszeiten überhaupt angegeben sind — eine der von uns vorgeschlagenen Zeiten bei der Prüfung mit Hausbock-Eilarven aber 3 Monate ist. Die Lebensdauer hungernder Eilarven beträgt bei 20° im Durchschnitt 23—31 Tage, einzelne Tiere können bis zu 40 Tagen am Leben bleiben (G. Becker 1941). Die durchschnittliche Hungerfähigkeit ist also bereits bei einer Versuchsdauer von 4 Wochen erreicht. Die ebenfalls von den Verfassern zur Holzschutzmittelprüfung verwendeten Larven von *Anobium punctatum* De Geer vermögen allerdings in der angewandten Größe z. T. unter gleichen Verhältnissen noch länger als 3 Monate hungernd am Leben zu bleiben.

Ohne Frage können also die Anobien-Larven bei beiden Versuchszeiten und ein Teil der Hausbock-Eilarven im 4-Wochen-Versuch bei Verwendung eines der meist zeitlos wirkenden reinen Fraßgifte zum Teil auch bei sehr hohen Konzentrationen überleben, nämlich dann, wenn sie von dem vergifteten Holz nichts oder zu wenig, um infolgedessen bald abzusterben, fressen. Aber erstens wirkt der größere Teil der Hausbockmittel nicht nur als Fraßgift, sondern zugleich oder demgegenüber als Berührungs- oder vielfach auch als Atmungs Gift auf die Tiere. Dann aber dürfte auch nach J. Kaltwassers Fußnote die Verwendung begrenzter Versuchszeiten zulässig — nach unserer Meinung allein zweckmäßig sein, und es spielt dabei doch wohl keine Rolle für die Bewertung der Schutzmittel, ob man mittels der bekannten c-t-Gleichung die Zeiten zu den verwendeten Giftmengen hinzumultipliziert oder sie am Kopf der Zahlentafeln gesondert, aber deutlich und auch stets angibt.

Zweitens erscheint uns die Bestimmung „absoluter“ Grenzwerte, wie wir sie auch für Hausbock-Eilarven ermittelt haben, allein ebenso ungeeignet zur vergleichenden Beurteilung der Mittel, wie es J. Kaltwasser auf Grund einiger Versuche selbst festgestellt hat, wobei er bemerkt: „Wie oben gezeigt, kann aus den Hemmungswerten nicht viel auf die Eignung der betreffenden Stoffe als Bekämpfungsmittel geschlossen werden, weil die im Holzininneren sitzenden Larven garnicht mit dem Stoff in Berührung kommen. Größer ist schon die Aussicht, auf die vorbeugende Wirkung Schlußfolgerungen ziehen zu können, weil dabei die jungen Larven sich durch eine vergiftete Schicht hindurchfressen müssen.“ Und auch diese Möglichkeit lehnt er ab, da nach einem seiner Beispiele „trotz eines sehr niedrigen, d. h. günstigen Hemmungswertes die vorbeugende Wirkung nicht ausreichend zu sein braucht.“

Was die Wirkungsmöglichkeit der Bekämpfungsmittel anbelangt, so

erreicht die Flüssigkeit selbst wegen ihrer begrenzten Eindringung wohl niemals sämtliche Larven, und auch die zusätzliche Fernwirkung gasförmiger Atmungsgiftanteile vermag nicht alle übrigen Tiere zu erfassen. Da diese sich aber früher oder später beim Bohren der behandelten Oberfläche zu nähern pflegen und, sofern sie nicht von dem Mittel abgeschreckt werden, in dessen Wirkungsbereich kommen, kann ihre Abtötung nach und nach eintreten, vorausgesetzt, daß die Mittel in genügend kurzer Zeit oder bei Aufnahme einer hinreichend kleinen Fraßgiftmenge bereits entsprechend schädigen.

Ganz ähnlich verhält es sich auch mit der vorbeugenden Wirkung. Da die Tiere das Holz durchbohren können, ohne viel davon zu fressen, und dies z. B. schon bei ungünstiger Nahrungszusammensetzung, z. B. einem im Verhältnis zum Proteingehalt ungünstig hohen Gehalt an Kohlehydraten regelmäßig tun (G. Becker 1942), kann von den Junglarven die oft nur ganz dünne imprägnierte Oberflächenschicht trotz günstigen „absoluten“ Grenzwertes eines Fraßgiftes ohne Schädigung durchnagt werden und die Entwicklung im Inneren des Holzes erfolgen. J. Kaltwasser gibt dafür, wie gesagt, ein bezeichnendes Beispiel. Die Brauchbarkeit eines Mittels wird also auch bei der vorbeugenden Wirkung weitgehend von der Geschwindigkeit der Wirkung bzw. der Wirkung in geringerer Menge maßgeblich bestimmt.

Für die Beurteilung sowohl des Bekämpfungs- wie des Vorbeugungswertes der Schutzmittel ist also die Bestimmung der „absoluten“ Grenzwerte von untergeordneter Bedeutung, allein für sich jedenfalls ungeeignet. Dagegen kommt den Grenzwerten, die bei kürzerer Laufzeit der Versuche bestimmt werden, ein praktischer Wert zu, denn es steht auch ohne einen experimentellen Beweis außer jedem Zweifel, daß ein Mittel um so günstiger zu beurteilen ist, je niedriger die erforderliche Giftmenge ist, die in kurzer Zeit einen vollständigen Abtötungserfolg erzielt, gleichgültig, wie diese Wirkung zu Stande kommt. Allein bei reinen Fraßgiften hat die Beurteilung der vorbeugenden Wirkung bei hinreichender Eindringtiefe des Stoffes in einer bezüglich der Zeit „milderen“ Form zu erfolgen. Immerhin gilt auch für Holzschutzmittel — sofern nicht, wie z. B. bei Kesseltränkung des Holzes, dieses vollkommen imprägniert ist — die von F. Stellwaag (1931) für die Prüfung von Pflanzenschutzmitteln getroffene Feststellung, die er folgendermaßen zusammenfaßt (S. 723): „Fraßgifte dürfen nur in geringer Menge und nicht fortdauernd dargereicht werden. Dauernde Gaben führen zu Fehlschlüssen und Scheinbewertungen. Je kleiner (bis zu einer vernünftigen Grenze) die Giftgaben sind, um so deutlichere Vergleiche kann man ziehen. Man muß sich hüten in die Nähe der Grenze zu kommen, wo alle Mittel 100 % abtöten, da dann die Kurve der Giftwerte horizontal verläuft“.

J. Kaltwasser sagt selbst nach einer Kritik der zeitlich begrenzten Hemmungswerte: „Trotzdem ist die Möglichkeit, daß die Reihenfolge, d. h. die Wertskala der einzelnen Stoffe, der praktischen Bewährung parallel geht, nicht von der Hand zu weisen. Es werden nämlich infolge der hohen Konzentrationen auch die Kontakt- und Atemgiftwirkung mit-erfaßt, und Stoffe mit solcher Wirkung schaffen eine besonders günstige Wertzahl. Bei den reinen Fraßgiften müssen diejenigen die besten Giftwertzahlen erhalten, von denen die Tiere am meisten fressen, d. h. deren Vorhandensein sie am wenigsten bemerken (vergl. 1. Abschn.). Beide Faktoren dürften sich so auswirken, daß wirksame Stoffe auch günstige Giftwertzahlen erhalten. Ob eine solche Parallele zur praktischen Bewährung aber tatsächlich besteht, müßte zunächst einmal bewiesen werden, ehe aus den Werten Schlüsse gezogen werden können. Vor allem wäre zu prüfen, ob die Parallele in allen Fällen stimmt, und durch Vergleich mit anderen Prüfungsmethoden festzustellen, von welcher Giftwertzahl an die Wirkung als ausreichend zu gelten hat“.

Die Forderung nach einer solchen Parallele besteht durchaus zu recht. Wir sind dementsprechend mit den Ergebnissen unserer langjährigen Versuche und daraus abgeleiteten Schlüssen erst kürzlich an die Öffentlichkeit getreten (B. Schulze & G. Becker 1942), nachdem ein sehr umfangreiches Versuchsmaterial mit über 150 Stoffen bekannter chemischer Zusammensetzung und rd. 1000 geprüften einzelnen Konzentrationen vorlag und die mehrjährige Zusammenarbeit innerhalb der „Arbeitsgemeinschaft zur Förderung der Hausbockkäferbekämpfung“ mit den Stellen, die nach den von W. Trappmann und K. Schuch ausgearbeiteten Verfahren prüfen, die Übereinstimmung mit den nach unserem Verfahren gewonnenen Ergebnissen gezeigt hatte.

Worauf bei der Übertragung der nach unserem Prüfverfahren gewonnenen Resultate auf die Praxis zu achten ist, haben wir in der genannten Arbeit (1942) ausführlich dargestellt. Auf eine Wiederholung sei deshalb hier verzichtet. Für die Beurteilung des biologischen Wertes als Bekämpfungsmittel ist außerdem u. a. die Reichweite der Fernwirkung in Gasform durch das Holz hindurch entscheidend. Dafür ist ein besonderes Verfahren entwickelt worden (B. Schulze & G. Becker 1942), das stets vergleichsweise heranzuziehen ist. Für den vorbeugenden Schutz ist die Dauerwirkung der Stoffe besonders zu beachten (B. Schulze, in Vorbereitung). Ein Nachlassen der Wirkung findet nämlich nicht nur bei organischen, sondern auch bei gewissen anorganischen Mitteln statt. Bei Verwendung der stark überdosierten „Gebrauchskonzentrationen“ kann man das allerdings in kürzeren Zeiträumen von wenigen Jahren nicht feststellen (vergl. Angaben von J. Kaltwasser), wohl aber mittels der zeitbegrenzten (oder auch der „absoluten“) Grenzwerte.

Es ist nicht beabsichtigt, an dieser Stelle das Zahlenmaterial zu wiederholen, das in der genannten ausführlichen Arbeit (B. Schulze & G. Becker 1942) enthalten ist und dort nachgelesen werden kann. Ein Vergleich dieser Zahlenwerte mit dem nach dem anderen genannten Verfahren und bei praktischen Großversuchen gewonnenen Ergebnissen erfolgt hier ebenfalls nicht, da eine namentliche Nennung aller Ergebnisse der amtlichen Prüfung nicht vorgenommen werden kann und ein solcher Vergleich Aufgabe der „Arbeitsgemeinschaft für Förderung der Hausbockkäferbekämpfung“ ist. Jedenfalls hat das Verfahren einer „zeitbegrenzten“ Grenzwertbestimmung über den prüftechnischen Nutzen im Rahmen der „Arbeitsgemeinschaft“ hinaus zu der Entdeckung und Weiterentwicklung von Hausbockbekämpfungs- und Schutzmitteln anorganischer (B. Schulze 1941, B. Schulze & G. Becker 1942) sowie neuerdings auch organischer Zusammensetzung geführt, deren Giftwirkung mengen- und zeitmäßig die aller vorher bekannten Schutzmittel weit übertrifft und sich der Grenze des überhaupt auf diesem Gebiet Erreichbaren nähern dürfte.

Es ist in der Schädlingsbekämpfung nur selten möglich, durch Anwendung eines Verfahrens eine in jeder Hinsicht befriedigende Laboratoriumsprüfung durchzuführen. Die Grenzwertbestimmung unter Verwendung auch kürzerer Versuchszeiten hat sich neben den beiden der Praxis angenäherten Verfahren der Biologischen Reichsanstalt als sehr geeignet zur Ermittlung vergleichbarer und auf die Praxis anwendbarer Giftwirkungswerte erwiesen, vor allem, wenn Atmungs- und Berührungsgiftwirkung, Reichweite im Holz, Eindringtiefe u. a. ebenfalls bestimmt werden. Dabei sollte aber unbedingt mit Vakuum-Volltränkung des Holzes und gesonderter Bestimmung der Eindringtiefe gearbeitet werden, um wesentliche Schwankungsfaktoren zu vermeiden. Von dem von J. Kaltwasser vorgeschlagenen Tauchen der Hölzer in Lösungen verschiedener Konzentrationen, wobei die Menge des Lösungsmittels gleichzeitig die Eindringtiefe beeinflusst, sollte höchstens Gebrauch gemacht werden, um die untere praktisch zulässige Grenze der Schutzmittelkonzentration in einem der Praxis angenäherten Verfahren festzustellen, wobei mit einem hinreichenden Sicherheitsfaktor gerechnet werden muß.

Schrifttum.

- Becker, G., Prüfung der vorbeugenden Wirkung von Holzschutzmitteln gegenüber Eiablage und Eientwicklung sowie als Berührungs- und Atmungsgift gegen Eilarven des Hausbockkäfers. Holz als Roh- und Werkstoff, 1941, 4, 7--14, 1941.
- Untersuchungen über die Ernährungsphysiologie der Hausbockkäferlarven. Z. vergl. Physiol., 29, 315—393, 1942.
 - & Schulze, B., Prüfung der insektentötenden Wirkung von Holz-

- schutzmitteln. Wissensch. Abh. d. deutsch. Materialprüfungsanstalten, I. Folge, H. 5, 21—30, 1940.
- Kaltwasser, J., Die Prüfung der insektiziden Wirkung flüssiger Hausbockmittel und ihre Ergebnisse. Arb. physiol. angew. Ent., 8, 163—176, 1941.
- Kaufmann, O., Bewertung der insektiziden Holzschutzmittel auf Grund der Großversuche. Arb. physiol. angew. Ent., 5, 342—347, 1938.
- Schuch, K., Über die Methodik und Ergebnisse der Prüfung von insektiziden Holzschutzmitteln im Laboratorium. Arb. physiol. angew. Ent., 5, 300—305, 1938.
- Schulze, B., Über die Wirkungsweise von Holzschutzmitteln gegen Hausbock und Anobien. Mitt. Fachaussch. Holzfragen Ver. D. Ing. u. D. Forstver. H. 29, 99—116, 1941.
- & Becker, G., Die Prüfung der insektentötenden Wirkung von Holzschutzmitteln mittels *Anobium punctatum* De Geer (= *A. striatum* Oliv.) als Versuchstier. Holz als Roh- u. Werkstoff, 1, 382—384, 1938.
- Ergebnisse einer vergleichenden Prüfung der insektentötenden Wirkung von Holzschutzmitteln. I. Giftwerte von Stoffen bekannter chemischer Zusammensetzung und Schutzmitteln des Handels gegenüber Larven von *Anobium punctatum* und Hausbock-Eilarven. Wiss. Abhandl. d. Deutsch. Materialprüfungsanstalten. II. Folge, H. 3, 1942.
- Steiner, P., Zur Prüfung des Bekämpfungswertes von Hausbockbekämpfungsmitteln. Anz. Schädlingsskde., 15, 49—51, 1939.
- Stellwaag, F., Giftigkeit und Giftwert der Insektizide. VII. Teil: Grundlagen und besondere Methodik der Bestimmung des „Giftwertes“ im „Serienversuch“. Z. angew. Ent., 18, 698—725, 1931.
- Toxikologische Probleme in der Schädlingbekämpfung. Angew. Chemie, 51, 589—594, 1938.
- Trappmann, W., Richtlinien für die amtliche Prüfung von Mitteln gegen den Hausbockkäfer. Mitt. Biol. Reichsanst., H. 55, 171—174, 1937.

Aphiden der Nordseeinsel Borkum.

Von Richard Struve, Kiel.

Die im Jahre 1939 von mir auf der Nordseeinsel Borkum gesammelten Aphiden wurden in dankenswerter Weise durch Vermittlung des Deutschen Entomologischen Instituts von Herrn D. Hille Ris Lambers, Bennekom, Holland, bestimmt. Die Ausbeute wurde dem Deutschen Entomologischen Institut, Berlin-Dahlem, überlassen.

O. Schneider¹⁾ hat 1898 13 Blattlausarten angeführt (nebst 3 weiteren Arten mit Fragezeichen). Durch meine Sammlungen konnten 18 weitere Aphiden (in der nachfolgenden Aufstellung durch ein Sternchen gekennzeichnet) für Borkum nachgewiesen werden, so daß die Gesamtzahl der nunmehr von dieser Nordseeinsel bekannten Blattlausarten

¹⁾ Schneider, O., Die Tierwelt der Nordsee-Insel Borkum. Abh. Nat. Ver. Bremen, 16, 144—145, 1898.