

Der Einfluß von Geruchs- und Geschmacksstoffen auf die Wahl der Fraßpflanzen beim großen braunen Rüsselkäfer

Hylobius abietis L.

VON BERNHART OHNESORGE

Forstzoologisches Institut der Universität Freiburg

(Mit 9 Textfiguren)

Inhalt		Seite
A. Einleitung	_____	437
B. Methode	_____	439
1. Haltung der Käfer	_____	439
2. Nachweis einer Lockwirkung	_____	440
3. Nachweis einer abstoßenden Wirkung	_____	441
4. Nachweis einer Geschmackswirkung	_____	441
5. Statistische Sicherung der Ergebnisse	_____	441
C. Ergebnisse der Untersuchungen	_____	442
1. Untersuchungen an Rindenbastsäften und Nadelsäften der Fichte und Kiefer	_____	442
2. Die Wirksamkeit von Rindenbastsäften verschiedener Holzarten	_____	445
3. Harze	_____	450
4. Die Lockwirkung einiger organischer Säuren und Aldehyde	_____	451
5. Der Geschmackswert der Zucker	_____	454
a) Nachweis einer Geschmackswirkung des Rohrzuckers und der Glucose	_____	454
b) Schwellenwerte	_____	456
c) Der Süßungsgrad verschiedener Zuckerarten	_____	258
6. Das Zusammenwirken von Duftstoffen und Geschmacksstoffen beim Fraß des großen braunen Rüsselkäfers	_____	462
D. Zusammenfassung	_____	466
E. Literaturverzeichnis	_____	467

A. Einleitung

Im Forstzoologischen Institut der Universität Freiburg i. Br. wurde seit längerer Zeit der Befall der Fichte durch den großen Fichtenborkenkäfer *Ips typographus* L. studiert. Er ist abhängig vom Standort und dem physiologischen Zustand der Fichte, der, wie Untersuchungen über den osmotischen Wert des Kambialsaftes und den Wassergehalt der Fichtenrinde erwiesen, durch die Wasserversorgung bedingt ist. Trockenheit und hohe Kambialtemperaturen fördern den Befall (MERKER, BRAUER & ZINECKER, 1948; MERKER, 1950; MERKER & MÜLLER, 1951; MERKER,

1952). Jedoch können die oben genannten Faktoren als solche keine Anlockung an die Bäume bewirken.

Dies geschieht vielmehr durch besondere Geruchsstoffe, die zusammen mit den Zuckern in der Rinde die Käfer zum Schadfraß veranlassen (MERKER, 1953). Als Träger dieser Lockwirkung wurde hierbei die Rinde der Fichte und ihr Bastsaft festgestellt.

Koniferenbastsäfte, z. B. von Fichte und Kiefer, locken auch den braunen Rüsselkäfer an und veranlassen ihn zum Fressen. In Fließpapier, welches mit Bastsaft betropft worden war, wurden Löcher gefressen von dem Umfang, in dem das Fließpapier durchtränkt war (MERKER, 1953).

Meine Aufgabe in den folgenden Untersuchungen bestand darin, dieses System der Anlockung und der Fraßanregung für den großen braunen Rüsselkäfer¹⁾ zu studieren. Im einzelnen suchte ich dabei folgende Fragen zu klären:

- a) Kommen außer den Rindenbastsäften noch andere Pflanzenbestandteile als Träger einer Lockwirkung in Frage (etwa Nadelsäfte oder Harze)?
- b) Kommen abstoßende Stoffe in den Koniferen vor, die der Pflanze evtl. zur Abwehr gegen den Rüsselkäfer dienen könnten?
- c) Bestehen hinsichtlich der Stärke und Wirksamkeit Unterschiede zwischen den Lockstoffen verschiedener Holzarten?
- d) Wie verhalten sich die Rüsselkäfer gegenüber einigen der bekanntesten organischen Verbindungen?
- e) Welche Zucker besitzen für den Rüsselkäfer einen Süßgeschmack, und bis zu welcher Konzentration vermögen sie sein Verhalten noch zu beeinflussen?
- f) Wie beeinflussen Geruchs- und Geschmacksstoffe das Verhalten der Rüsselkäfer beim Fraß?

Seit den Untersuchungen von VERSCHAFFELT (1910) an der Raupe des Kohlweißlings *Pieris brassicae* L. ist bekannt, daß die Nahrungswahl vieler Insekten und ihrer Larven durch den chemischen Sinn dirigiert wird, und daß es die im Wirt — sei er Tier oder Pflanze — enthaltenen Stoffe sind, die seine Unterscheidung von anderen Tieren und Pflanzen für das Insekt ermöglichen.

VONFRISCH (1919) wies nach, daß die Biene die Düfte der verschiedenen, von ihr besuchten Blüten mit Sicherheit unterscheiden kann, und es gelang ihm, Bienen auf bestimmte Düfte zu dressieren.

Seit dieser Zeit sind immer wieder — besonders in den USA — Versuche gemacht worden, die Natur dieser Lockstoffe aufzuklären sowie das Verhalten der Insekten vor und während dem Fraß auf Grund der Wirksamkeit dieser Stoffe zu deuten (DETNER, 1947).

¹⁾ Gemeinsam mit *Hylobius abietis* L. wird *Hylobius pinastri* Gyll. behandelt, da ich in den Versuchen kein unterschiedliches Verhalten der beiden Arten feststellen konnte.

Als für die Reizaufnahme verantwortliche Organe wurden in erster Linie die Fühler erkannt, und zwar zuerst an der Biene durch von FRISCH (1919), später am Mistkäfer (WARNKE, 1931), an *Drosophila* (FLÜGGE, 1934), am Tannenborkenkäfer *Ips curvidens* Germ. (HIERHOLZER, 1950). Letzterer kam zu dem Ergebnis, daß der Tannenborkenkäfer Fichten- bzw. Tannenrinden aus nächster Nähe am Duft unterscheiden könne, daß aber die Fernorientierung nur nach dem optischen Sinne möglich ist. — WARNKE (1931) fand, daß außer den Fühlern noch die Maxillarpalpen und Labialpalpen des Mistkäfers Geruchssinnesorgane tragen.

An dieser Stelle möchte ich herzlichen Dank Herrn Prof. Dr. MERKER sagen. Er gab mir nicht nur die Anregung zu dieser Arbeit, sondern unterstützte mich während der Dauer meiner Untersuchungen stets mit seinem Rat. Zudem standen mir auch neben einem Arbeitsplatz umfangreiches Untersuchungsmaterial und die Institutseinrichtungen zur Verfügung. Ferner bin ich zu Dank verpflichtet Herrn Dozenten Dr. PRODAN und Herrn cand. rer. nat. IHM für ihre freundliche Beratung bei der statistischen Auswertung meiner Versuchsergebnisse.

Für die laufende Übersendung von Rüsselkäfern für meine Versuche danke ich den Herren Forstamtsvorständen von St. Blasien, Schluchsee, Graben, Bruchsal und Schwetzingen aufs beste. Schließlich möchte ich auch den technischen Assistentinnen am Forstzoologischen Institut Frl. RULAND und Frau KULLMANN für ihre bereitwillige Hilfe bei den Vorbereitungen zu meinen Versuchen herzlich danken.

Die Arbeiten wurden mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt.

B. Methode

1. Haltung der Käfer

Meine Versuchstiere stammten aus verschiedenen Forstämtern Badens, wo sie im Zuge der Bekämpfungsmaßnahmen von Fangrinden bzw. -knüppeln abgesammelt worden waren. Sie wurden mir als Expreßgut in Blechbüchsen oder Marmeladeneimern zugesendet, deren Deckelfür den besseren Luftzutritt durchlöchert waren. In diese Büchsen wurden Zweige und Rinden so fest hineingefüllt, daß sich die Käfer zwischen ihnen bewegen und in ihnen festhalten konnten, andererseits aber bei Erschütterungen sich nicht verletzen. Auf diese Weise traten selten nennenswerte Verluste beim Versand ein. Einen Teil meiner Käfer erhielt ich von der Firma Ebendorff. Ich hatte ständig 200 bis 1000 Tiere zur Verfügung.

Die Rüsselkäfer waren in 30 × 30 × 55 cm großen Holzkäfigen untergebracht, die mit engmaschiger Drahtgaze bespannt waren. Den Boden bedeckte ich mit Moos, das ich täglich etwas anfeuchtete. Kiefern- und Fichtenzweige, die ich alle acht Tage aus dem Walde holte, dienten als Futter. Bei dieser Haltung blieben die Tiere drei bis vier Monate am Leben.

Es erwies sich als zweckmäßig, die Käfer vor den Versuchen einige Zeit hungern zu lassen. Deshalb nahm ich sie ein bis zwei Tage vorher aus den Käfigen heraus und setzte sie in mit feuchtem Torfmoos gefüllte und mit einem Drahtdeckel verschlossene große Petrischalen, in denen sie auch zwischen den Versuchen gehalten wurden. Ich verwendete diese Tiere dann 3—5 Tage lang, achtete aber dabei darauf, daß ein Käfer nie mehr als

3—4mal an einem Tag in den Versuch kam. Nach Ablauf dieser Zeit setzte ich sie wieder zurück in die Käfige.

2. Nachweis einer Lockwirkung

Eine Lockwirkung veranlaßt eine Ortsbewegung. Ich kann daher auf eine Lockwirkung schließen, wenn sich innerhalb kurzer Zeit ein großer Teil der zum Versuch angesetzten Tiere an dem zu untersuchenden Stoff versammelt hat. Fraßspuren dagegen können auch auf einem guten Geschmack beruhen und sind ein unsicheres Kriterium für eine Lockwirkung.

Daher verfuhr ich unter Abwandlung der im Forstzoologischen Institut gearbeiteten Versuchsmethode folgendermaßen: Ich bedeckte den Boden einer Petrischale von 22,5 cm Durchmesser mit einer kreisrunden Scheibe Fließpapier und tropfte mit Hilfe von Glaspipetten je einen Tropfen der zu testenden Substanz und einer 5%igen Rohrzuckerlösung als Kontrolle auf zwei einander gegenüberliegende Stellen des Fließpapiers. Die Tropfen waren ca. 0,05 cm³ groß und bedeckten ungefähr eine Fläche von 10 qcm. Danach ließ ich die unter einer Porzellanlocke so lange eingesperrten Käfer — jeweils 10 an der Zahl — frei und zählte in Zeitabständen von zwei Minuten wieviele sich an den beiden Tropfstellen befanden.

Nach 2—6 Minuten war in der Regel die Hauptmasse der Versuchstiere am Lockstoff versammelt, während am Rohrzucker nur wenige Tiere, die wohl durch Zufall dorthin gerieten, zu finden waren. Da mir bekannt war (s. S. 454), daß der Rohrzucker dem Rüsselkäfer süß schmeckt und von ihm dem Wasser vorgezogen wird, war dieses Ergebnis nur so zu erklären, daß die Testsubstanz eine Lockwirkung besaß und die Rohrzuckerlösung keine.

Die Käfer, die zu einem reinen Lockstoff gelaufen waren, blieben übrigens nicht lange dort. Das sehr ungünstig struierte, langfasrige Fließpapier setzte ihren Fraßversuchen einen solchen Widerstand entgegen, daß sie meist bald aufgaben und sich verließen.

Eine optische Anlockung war in den Fällen, in denen die verwendete Substanz farblos war, ausgeschlossen. Machte ich mit Bastsäften, die ja braun gefärbt sind, Versuche, so stellte ich die Petrischalen in abgedunkelte Kästen, die ich nur zum Zählen der Käfer kurz öffnete.

Eine Fehlerquelle entstand dadurch, daß phototaktische Käfer bei einseitigem Licht einfall (vom Fenster her oder beim Öffnen der verdunkelten Kästen) zum Licht hinstrebten oder auch von ihm fortliefen. Dabei konnten sie leichter auf die Testsubstanz bzw. auf die Kontrolle stoßen. Ich begegnete dieser Schwierigkeit, indem ich innerhalb einer Versuchsreihe Testsubstanz und Kontrolle in wechselnder Richtung zum Licht einfall anordnete, so daß keine der beiden Substanzen sich an bevorzugter Stelle befand und die Fehler sich ausgleichen konnten.

Mit der gleichen Versuchsanordnung konnte ich auch verschiedene Lockstoffe miteinander vergleichen und eine Rangordnung ihrer Wirksamkeit aufstellen. Dies habe ich für eine Reihe von Koniferenbastsäften durchgeführt.

Die Bastsäfte in meinen Versuchen waren in einer Pflanzenpresse nach der Methode von WALTER aus Koniferenrinden ausgepreßt worden (WALTER 1934). Die Rinden wurden von frisch gefällten Bäumen abgeschält, in luftdicht schließende Flaschen gesammelt und in diesen durch Erhitzen im kochenden Wasserbad sterilisiert. Dieses Sterilisieren beeinträchtigt die Lockwirkung der Bastsäfte keineswegs. Ich konnte im Gegenteil bei einem direkten Vergleich zweier Fichtenbastsäfte, von denen der eine aus sterilisierter Rinde, der andere aus roher Rinde stammte, feststellen, daß jener eine größere Lockwirkung entfaltete als der rohe Bastsaft. Ich erkläre mir diese Erscheinung damit, daß das durch das Erhitzen abgetötete Zellplasma permeabel wird und damit allen Zellinhaltsstoffen und somit auch den Lockstoffen leichter den Durchtritt gestattet.

3. Nachweis einer abstoßenden Wirkung

Eine abstoßende Wirkung ist dadurch noch nicht nachgewiesen, daß die Käfer die Testsubstanz nicht aufsuchen und nicht befressen. Sie laufen ja auch an geruch- und geschmacklosen Stoffen vorbei und beachten sie nicht.

Wird dagegen die Testsubstanz einem Lockstoff beigegeben und wird dieser Lockstoff danach nicht mehr oder in geringerem Maße als vorher aufgesucht, so kann eine abstoßende Wirkung als erwiesen gelten.

In meinen Harzversuchen tropfte ich erst an zwei Stellen Bastsaft als Köder auf das Fließpapier (gleiche Versuchsanordnung wie in den Lockstoffversuchen). Dann strich ich in die Nähe des einen Bastsaffleckens etwas Harz aus, so daß dieses gar nicht in Berührung mit dem Bastsaft kam. Wurde der so behandelte Bastsaft deutlich weniger aufgesucht als die unbehandelte Kontrolle, so konnte ich mit Sicherheit annehmen, daß das Harz abstieß.

4. Nachweis einer Geschmackswirkung

Ich habe für verschiedene Zuckerlösungen einen Süßgeschmack nachgewiesen, indem ich die Käfer zwischen reinem Wasser und Zuckerlösungen wählen ließ. Da die Zucker nicht flüchtig sind, war eine Mitwirkung des Geruchssinnes bei der Wahl von vornherein ausgeschlossen und lediglich der Geschmackssinn dafür verantwortlich.

Hätte man Wasser und Zuckerlösung wie in den Lockstoffversuchen einfach auf das Fließpapier getropft, so wäre es dem Zufall überlassen gewesen, worauf die Käfer beim Umherwandern zuerst stießen, und eine echte Wahl hätte nicht stattfinden können. Daher mußte ich meine bisherige Versuchsanordnung abändern. Ich tränkte gleich große und gleich gestaltete Stücke von Sonnenblumenmark, wie sie im Forstzoologischen Institut schon längere Zeit für die Fraßversuche mit Borkenkäfern verwendet wurden, mit der zu testenden Zuckerlösung und andere zur Kontrolle mit Wasser. Dann klebte ich von beiden je zwei mit Gelatine auf das Fließpapier in der Petrischale und setzte die Käfer dazu. Die Gelatine war den Tieren im allgemeinen nicht zugänglich und wurde auch dann, wenn sie herausragte, nie beachtet, übte also keine Lockwirkung aus. Die Markstückchen wurden dagegen offensichtlich sogleich bemerkt (Pfahlwirkung), die Rüsselkäfer eilten auf sie zu und betasteten sie mit ihren Fühlern. Die Konsistenz des Sonnenblumenmarks schien etwa der ihrer natürlichen Nahrung zu entsprechen, jedenfalls fraßen sie davon, auch wenn es nur mit reinem Wasser getränkt war. Jedoch bevorzugten sie einwandfrei die Zuckerlösung. Dies wurde im weiteren Verlauf der Versuche immer deutlicher dadurch, daß Käfer A, der ursprünglich am Wasser gesessen hatte und beim zufälligen Wechsel auf die Zuckerlösung stieß, dort sitzen blieb; Käfer B dagegen, der gleich an der Zuckerlösung gesessen hatte und beim zufälligen Wechsel ans Wasser kam, anstatt dort sitzen zu bleiben zum Zucker zurückkehrte.

Die Anordnung der Klötzchen zueinander und zum Lichteinfall wurde von Versuch zu Versuch gewechselt.

5. Statistische Sicherung der Ergebnisse

In jedem Versuch, der in einer der oben angegebenen Weisen durchgeführt wurde, befanden sich 10 Käfer in der Petrischale. In einer Versuchsreihe von 20 Versuchen lagen also 200 Einzelentscheidungen von Käfern vor.

Die Ergebnisse sicherte ich nach der von PEARSON & FISCHER ausgearbeiteten χ^2 -Methode und den von K. PATAU veröffentlichten Tafeln, indem ich für die beobachteten Werte den *P*-Wert ermittelte. *P* bedeutet dabei die Wahrscheinlichkeit, mit der damit zu rechnen ist, daß das Ergebnis auf Zufall beruht. *P* = 0,01 heißt also, daß mit 1% Wahrscheinlichkeit die beobachtete Differenz lediglich zufällig ist, also mit 99% Sicherheit eine echte Bevorzugung vorliegt.

Die Berechnung von χ^2 erfolgt nach der Formel

$$\chi^2 = \frac{(a - b)^2}{a + b},$$

wobei a die Anzahl der Käfer an der einen, b die Anzahl an der anderen Futterstelle bedeutet.

Im Laufe eines Lockstoffversuches stellte ich immer 10 Beobachtungen an, bei den Zuckerversuchen waren es jeweils 7. **Es ergaben** sich bei der Fehlerberechnung also für jede Versuchsreihe 10 bzw. 7 P -Werte. **Ich habe** aber in den folgenden Tabellen nur jeweils ein oder zwei Beobachtungen und P -Werte anführen können. Ich habe hierbei in den Duftstoffversuchen nur die Beobachtung für den Zeitpunkt angeführt, an dem sich die größte Käfermenge am Lockstoff befand, da ja die Käfer nur in den ersten Versuchsminuten sich dort ansammelten und bald danach wieder abwanderten. Bei Zuckerversuchen habe ich dagegen nur die letzte oder vorletzte Beobachtung angegeben, weil hier die Wahl zwischen den nicht anlockenden Lösungen längere Zeit in Anspruch nahm. In den Versuchen, in denen sowohl Lock- als auch Geschmackswirkungen eine Rolle spielten, sind zwei Beobachtungen mit ihren P -Werten angegeben.

C. Ergebnisse der Untersuchungen

1. Untersuchungen an Rindenbastsäften und Nadelsäften der Fichte und Kiefer

a) Rindenbastsäfte

An den Rindenbastsäften war bereits der Nachweis der Lockwirkung durch die Untersuchungen von MERKER (1953) erbracht worden. Er hatte auf eine Scheibe Fließpapier in einer Petrischale Fichtenbastsaft getropft und beobachtet, daß die Rüsselkäfer Löcher in das Fließpapier von dem Umfang fraßen, in dem es durchtränkt worden war. Ich wiederholte diese Versuche und konnte sie bestätigen. Dabei stellte ich die Zeit fest, die die Käfer brauchten, um den Bastsaftflecken zu finden. Sie betrug auf einer Versuchsfläche von etwa 3—400 qcm $\frac{1}{2}$ bis 3 Minuten nach dem Freilassen der Tiere. Die Bastsäfte der Kiefer wurden dabei in kürzerer Zeit gefunden als die der Fichte.

Da die Käfer u. U. durch den gefärbten Bastsaft eine optische Hilfe gehabt haben konnten, verwendete ich stattdessen einen Ätherextrakt, den ich auf einen Flecken mit Rohrzuckerlösung tropfte. Diesen Extrakt stellte ich dadurch her, daß ich Bastsaft mit etwa der gleichen Menge Äther durchschüttelte. Der sich nach einer Weile über dem Bastsaft absetzende, farblose Ätherextrakt besaß für den Rüsselkäfer eine intensive Lockwirkung. In Versuchen nach Art der auf S. 440 geschilderten liefen fast alle Tiere zu einer Rohrzuckerlösung, die mit diesem Ätherextrakt benetzt war, während die unbenetzte Kontrolle so gut wie keinen Besuch erhielt (s. Tab. 1). Der Extrakt wurde sogar noch vor reinem Fichtenbastsaft bevorzugt, war also wirksamer als dieser. Wahrscheinlich bringt der schnell verdampfende Äther auch die in ihm gelösten Duftstoffe schneller zur Verdunstung, so daß die in der Schale sitzenden Rüsselkäfer von einer intensiven Duftwelle getroffen werden. Daß der Äther für sich

alleine keine Lockwirkung ausübt, habe ich in mehrfach wiederholten Versuchen vorher festgestellt.

Es steht also fest, daß in dem Bastsaft der Fichte und anderer Koniferen Stoffe enthalten sind, die den Rüsselkäfer anlocken. Diese Stoffe, oder ein Teil derselben, sind in Äther löslich.

Um ein Maß für die Wirksamkeit des Lock-Duftes zu gewinnen, stellte ich Verdünnungen von Kiefernbast mit Zuckerlösungen oder Wasser her und verglich sie im Differentialtest mit reinen Zuckerlösungen bzw. Wasser. In diesen Versuchen zeigten die Verdünnungen 1:100 noch eine stark ausgeprägte Lockwirkung, in der Verdünnung 1:1000 war diese Wirkung statistisch nicht mehr zu sichern, und in der Verdünnung 1:10000 konnte keine Lockwirkung mehr festgestellt werden. In Versuchen im Forstzoologischen Institut mit etwas anderer Methode war die Lockwirkung auch bei der Verdünnung 1:1000 noch deutlich ausgeprägt.

Die Ergebnisse der einzelnen Versuchsreihen sind in folgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 1.

Datum	Zahl der Versuche	Nach Versuchsbeginn verstrichene Zeit Min.	Zahl der Käfer am				
			Stoff A		Stoff B	P	
29.9. 51	8	8	Ätherextrakt	36	Rohrzucker- lösung	3	3×10^{-7}
1. 10. 51	12	4	Ätherextrakt	41	Fichten- bastsaft	17	0,002
4. 9. 51	4	14	$1/_{100}$ Kiefern- bastsaft	14	Rohrzucker- lösung	2	0,0027
4.—6. 9. 51	16	4	$1/_{1000}$ Kiefern- bastsaft	20	Rohrzucker- lösung	10	0,007
20.—21. 9. 51	8	6	$1/_{1000}$ Kiefern- bastsaft	6	Wasser	1	0,06
19.—20.9. 51	4	2	$1/_{10000}$ Kiefern- bastsaft	7	Rohrzucker- lösung	6	0,8
20.—21.9. 51	8	6	$1/_{10000}$ Kiefern- bastsaft	6	Wasser	3	0,32

Meine Versuchstiere verhielten sich in diesen Versuchen folgendermaßen: Beim Umherlaufen in der duftfreien Petrischale führten sie mit ihren Fühlern Ruderbewegungen aus, indem sie sie im Takt des Schreitens wechselseitig hoben und senkten. So war jeweils ein Fühler in der Luft und einer dicht über dem Boden. Von Zeit zu Zeit blieben sie stehen, hoben Vorderkörper und Rüssel und stellten beide Fühler gleichzeitig in

die Luft. In dieser Haltung machten sie ganz den Eindruck eines sicheren Wildes. Wurde in der Nähe eines umherkriechenden Käfers ein Koniferenbastsaft aufgetropft, so nahm er alsbald diese Alarmstellung ein und fing an, unter häufiger Richtungsänderung mit erhobenen bleibenden Fühlern umherzusuchen. Meist fand er dann nach kurzer Zeit den Bastsaftfleck, wobei er oft das letzte Wegstück in gerader Richtung zurücklegte. Tropfte ich dagegen reines Wasser oder eine Zuckerlösung auf, so beobachtete ich nie ein solches Alarmverhalten — Umhersuchen mit erhobenem Vorderkörper. Ob das Finden des Bastsaftflecks nun als Phobotaxis oder als Tropotaxis zu deuten ist, bleibt noch zu untersuchen. Die Rüsselkäfer legen zwar das letzte Wegstück in gerader Richtung zurück, jedoch läßt sich das auch so erklären, daß sie nur der Richtung des stärksten Duftgefälles folgen. Auch kommt es vor, daß einzelne Käfer dicht am Ziel vorbei laufen, einen Zentimeter dahinter umkehren und dann erst richtig finden.

Die Art, wie die Fühler bei der Nahrungssuche bewegt werden, spricht dafür, daß sie die wesentlichen Träger des Geruchssinnes sind. Diese Annahme würde auch ganz dem entsprechen, was bisher über Geruchssinn der Insekten bekannt geworden ist (VON FRISCH, 1919; WARNKE, 1931; FLÜGGE, 1934; HIERHOLZER, 1950). MERKER amputierte Rüsselkäfern die Fühler und stellte fest, daß die so verstümmelten Tiere an Bastsaftflecken dicht vorbei oder sogar darüber hinweg krochen, ohne Notiz von ihnen zu nehmen. Lediglich, wenn sie zufällig mit den Mundwerkzeugen die Flecke berührten, konnte es zum Fraß kommen. Dies spricht für einen Ausfall der Geruchswahrnehmung als Folge der Amputation.

Außerdem ist ganz allgemein die Fraßlust der Rüsselkäfer nach einer Fühleramputation herabgesetzt. In anderen Versuchen, in denen das Versuchsgefäß so eng war, daß den Tieren das Finden des Bastsaftflecks leicht gemacht wurde, fraßen die amputierten Käfer deutlich weniger als die intakten, und zwar die beidseitig entfühlerten noch weniger als die einseitig entfühlerten (MERKER, 1953).

b) Nadelsäfte

Auch die Nadelsäfte wurden aus Koniferennadeln nach der Methode von Walter ausgepreßt. Koniferennadeln werden seltener vom Rüsselkäfer befallen, deshalb wollte ich untersuchen, ob auch ihr Preßsaft die Käfer weniger anlockt oder zum Fraße anregt.

Hierzu verglich ich die Bastsäfte und Nadelsäfte der Fichte miteinander. Es zeigte sich dabei, daß die Lockwirkung beider Säfte gleich stark war, jedenfalls wurden in den ersten Versuchsminuten immer dieselben Käfermengen an beiden Tropfstellen beobachtet. Jedoch fraßen die Käfer am Nadelsaft so gut wie gar nicht und wanderten bald von ihm ab.

Fig. 1 zeigt die Zahl der Käfer in % der zum Versuch angesetzten, die sich nach 2, 4, 6, . . . 20 Minuten am Bastsaft bzw. am Nadelsaft befanden.

Die Rüsselkäfer verhielten sich also so, als wäre die anlockende Wirkung des Nadelsaftes etwa ebenso groß wie die des Bastsaftes, ihre Fraßanregung dagegen schwächer. Die Ursache für diese geringere Fraßanregung kann sein a) ein geringerer Gehalt des Nadelsaftes an süß schmeckenden Zuckern oder b) das Vorhandensein von vergärenden Stoffen.

In der Tat sind die für den Rüsselkäfer am süßesten schmeckenden Zucker Saccharose und Fructose (s. S. 460) im Nadelsaft meist in viel geringerer Menge nachweisbar als im Fichtenbastsaft. Außerdem sind in den Nadeln Harze vorhanden, die, wie weiter unten ausgeführt, die Käfer vom Fraße abhalten. So ist es wahrscheinlich, daß beide Möglichkeiten zusammenwirken.

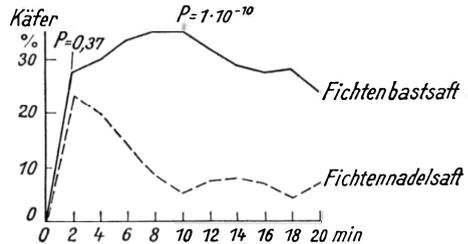


Fig. 1. Vergleich eines Fichtenbastsaftes mit einem Fichten-Nadelsaft (20 Versuche 18.—22. September 1951)

2. Die Wirksamkeit von Rindenbastsäften verschiedener Holzarten

Es ist bekannt, daß der Rüsselkäfer nicht alle Nadelholzarten, an denen er bisher festgestellt worden ist, gleichmäßig stark befällt. So ist er als Hauptschädling auf den Kiefernkulturen Norddeutschlands gefürchtet und tritt verheerend in Fichtenpflanzungen auf. An Lärche und Weißtanne sind dagegen nur geringe Schäden gemeldet worden. Es ist damit noch nicht gesagt, daß letztgenannte Holzarten als solche resistenter gegen den Rüsselkäferbefall sind. Die Standortsbedingungen, unter denen sie gedeihen, können den Käfern weniger zusagen als die der Kiefern- und Fichtenkulturen. Schließlich ist auch die Wirtschaftsform, in der die verschiedenen Holzarten erzogen werden, zweifellos von großer Bedeutung für ihre besondere Gefährdung (Kiefer im Kahlschlag verjüngt — förderlich für eine Massenvermehrung des Rüsselkäfers; bei der Weißtanne dagegen meist plenter- oder femelartiger Betrieb).

Ich habe die Wirksamkeit der Rindenbastsäfte verschiedener Koniferen miteinander verglichen, um Unterschiede zwischen ihnen festzustellen und daraus abzuleiten, welche von ihnen besonders disponiert für den Rüsselkäferbefall sind und welche weniger. Im einzelnen untersuchte ich die Bastsäfte der Kiefer, Fichte, Weißtanne, Lärche, Douglasie und *Tsuga heterophylla*, sowie der Buche und Eiche.

Die Fig. 2—5 und die Tabelle 2 zeigen die Ergebnisse dieser Vergleichsversuche. Sie sollen im folgenden einzeln besprochen werden. Die Methode ist bereits auf S. 440 beschrieben worden.

Bei der Auswertung der **Versuche** ist folgendes zu beachten: Die Bast-säfte enthalten sowohl Lockstoffe als auch Zucker, die beide auf ver-schiedene Weise auf das Verhalten der Versuchstiere einwirken. Die Lock-stoffe führen sie in den ersten Minuten an die Tropfstelle heran, die Zucker

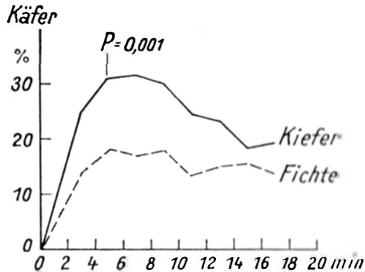


Fig. 2. Vergleich Kiefernbast-saft-Fichtenbast-saft (27 Versuche 23.-27. Juli 1951)

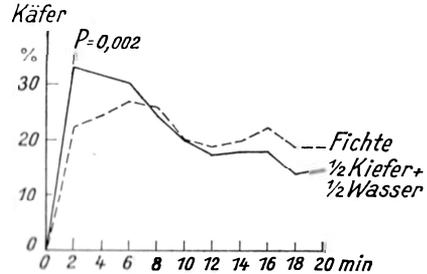


Fig. 3. Vergleich: mit Wasser die Hälfte verdünnter Kiefernbast-saft — unverdünnter Fichtenbast-saft (24 Versuche 2.-4. August 1951)

veranlassen sie, dort zu verweilen und weiter zu fressen (siehe auch S. 462). Ich habe daher einen regelmäßig stärkeren Käferbesuch in den ersten Versuchsminuten als Kennzeichen für eine größere Lockwirkung gewertet. Gleich sich dieser Unterschied im Laufe der Zeit wieder aus oder sammelten

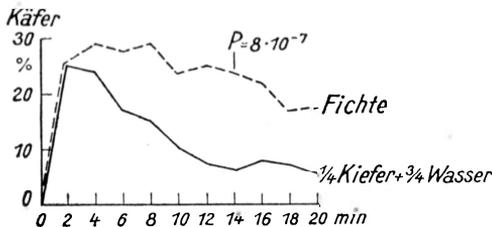


Fig. 4. Vergleich: mit Wasser auf $\frac{1}{4}$ verdünnter Kiefernbast-saft — unverdünnter Fichtenbast-saft (24 Versuche 6.-8. August 1951)

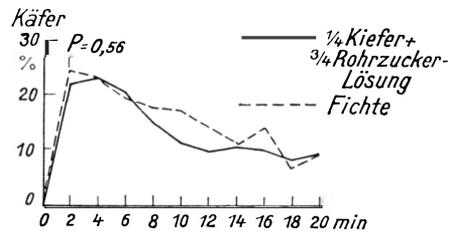


Fig. 5. Vergleich: mit 2,5%iger Rohrzuckerlösung auf $\frac{1}{4}$ verdünnter Kiefernbast-saft — unverdünnter Fichtenbast-saft (24 Versuche 8.-11. August 1951)

sich gar die Käfer gegen Ende des Versuchs am anderen Bast-saft an, so schloß ich auf eine stärkere Fraßanregung des letzteren.

¹⁾ In der Tabelle sind für jede Versuchsreihe zwei Beobachtungen angegeben, eine zum Beginn des jeweiligen Versuchs, eine andere mehr zum Ende. Stark verschiedene Käferzahlen und statistische Sicherung — kleine P-Werte — in der ersten Beobachtung führe ich auf unterschiedliche Lockstärken zurück (s. S. 462), während ich Entsprechendes bei der letzten Beobachtung als Zeichen für eine unterschiedliche Fraßanregung ansehe.

Tabelle 2¹⁾

Datum	Zahl der Versuche	Nach Versuchsbeginn verstrichene Zeit Min	Zahl der Käfer am				P
			Stoff A		Stoff B		
26.—28. 5. 52	20	4	Kiefern-	61	Weißtannen-	33	0,003
		20	bastsaft	41	bastsaft	38	0,7
19.—21. 5. 52	20	8	Kiefern-	37	Douglasien-	10	7×10^{-5}
		20	bastsaft	29	bastsaft	10	0,002
21.—24. 5. 52	24	6	¼ Kiefern-	48	Douglasien-	53	0,17
		20	bastsaft (mit Wasser verd.)	45	bastsaft	51	0,5
17.—19. 10. 51	24	2	Fichten-	74	Weißtannen-	49	0,025
		20	bastsaft	28	bastsaft	68	4×10^{-5}
27.—31. 8. 51	24	4	Fichten-	64	Weißtannen-	59	0,7
		20	bastsaft	35	bastsaft	20	0,05
6.—10. 6. 52	24	4	Fichten-	72	Douglasien-	71	0,9
		18	bastsaft	78	bastsaft	53	0,03
11.—18. 6. 52	16	4	½ Fichten-	54	Douglasien-	61	0,5
		16	bastsaft (mit Wasser verd.)	29	bastsaft	58	0,002
23.—26. 8. 51 und 27. 6. — 6. 7. 52	40	4	Fichten-	117	Lärchen-	110	0,6
		20	bastsaft	90	bastsaft	71	0,1
9.—12. 6. 52	24	2	½ Fichten-	70	Lärchen-	69	0,95
		20	bastsaft (mit Wasser verd.)	53	bastsaft	90	0,002
13.—16. 8. 52	24	6	Fichten-	52	Tsuga-	26	0,003
		20	bastsaft	29	bastsaft	16	0,66
25. 6. 52	8	12	Eichen-	21	Rohrzucker-	5	0,0015
		20	bastsaft	20	lösung	5	0,0027
26. 6. 52	4	8	Buchen-	28	Rohrzucker-	2	5×10^{-6}
		20	bastsaft	16	lösung	1	0,0003
26.—27. 6. 52	12	8	Buchen-	41	Eichen-	15	0,0005
		20	bastsaft	36	bastsaft	16	0,005
28.—30. 6. 52	8	6	Buchen-	8	Fichten-	35	4×10^{-5}
		20	bastsaft	9	bastsaft	28	0,002
1.—8. 7. 52	20	4	Buchen-	60	¼ Fichten-	68	0,5
		20	bastsaft	28	bastsaft	54	0,004
9.—10. 6. 52	12	6	Kohlrabi-	26	Rohrzucker-	11	0,01
		20	preßsaft	15	lösung	14	0,8
10.—17. 6. 52	16	2	Kohlrabi-	15	Fichten-	27	0,01
		20	preßsaft	5	bastsaft	35	2×10^{-6}
5.—10. 9. 52	12	4	Trauben-	22	Rohrzucker-	5	0,001
		20	saft	20	lösung	8	0,02
8.—10. 9. 52	16	10	Trauben-	7	Fichten-	31	0,0001
		20	saft	4	bastsaft	29	10^{-5}

1) Siehe Fußnote Seite 446.

a) Kiefer: Der Bastsaft der Kiefer lockte — wie die obigen Figuren zeigen, weit mehr Käfer an als der der Fichte, auch wenn er mit Wasser auf die Hälfte verdünnt worden war. Erst bei einer Verdünnung auf $\frac{1}{4}$ war seine Lockwirkung gleich der des unverdünnten Fichtenbastsaftes, aber nun machte sich der geringere Zuckergehalt bemerkbar: Die Käfer, die anfangs beide Bastsäfte gleichmäßig besucht hatten, wanderten vom Kiefern-saft ab und zum Fichtensaft hin. Verdünnte ich dagegen statt mit Wasser mit einer 2,5%igen Rohrzuckerlösung, so verhielten sie sich beiden Tropfstellen gegenüber völlig gleich: die Kurven der Fig. 5 decken sich fast vollständig.

Die zu diesen Versuchen verwendeten Käfer stammten aus der Gegend um St. Blasien im Schwarzwald, hatten sich also in ihrem Leben hauptsächlich von Fichte ernährt. Gefüttert waren sie sowohl mit Kiefern- als auch mit Fichtenzweigen. Von einer Dressur auf „Kiefer“ konnte also keine Rede sein.

Der Kiefern-bastsaft erwies seine Überlegenheit auch in Vergleichen mit Weißtannenbastsaft und Douglasienbastsaft. Wurde er mit Wasser auf $\frac{1}{4}$ verdünnt, so lockte er ebenso viele Käfer an wie der unverdünnte Douglasienbastsaft.

Aus dem allen geht hervor, daß der Kiefern-bastsaft bei weitem die größte Lockstärke hat, er ist in dieser Hinsicht der Fichte und der Douglasie um ein Vierfaches überlegen.

b) Weitere Koniferen: Zwischen den übrigen Koniferen besteht kein so großer Unterschied hinsichtlich ihrer Lockstärke wie etwa zwischen Kiefer und Fichte. Fichten-, Weißtannen-, Lärchen- und Douglasienbastsäfte locken die Rüsselkäfer etwa gleich stark an. Der Weißtannenbastsaft hat in der Regel eine gallertige Beschaffenheit und wird vom Fließpapier nur schlecht aufgesogen. Hierdurch verteilte er sich in meinen Versuchen nicht so fein und konnte seine volle Lockwirkung nicht entfalten. Andererseits ließ er sich leicht auflecken, im Gegensatz zu den anderen, im Fließpapier fein verteilten Bastsäften. Deshalb fraßen die Käfer länger an ihm, so daß der Eindruck entstehen konnte, als hätte er eine besonders geringe Lockwirkung und eine besonders hohe fraß-anregende Wirkung gehabt. Daß dies nicht der Fall war, zeigt das Ergebnis einer anderen Versuchsreihe, in der der Weißtannenbastsaft nicht diese gelartige Konsistenz hatte. Hier verhielten sich die Käfer ihm gegenüber wie dem zum Vergleich gebotenen Fichtenbastsaft ungefähr gleich. Die Verdünnung mit Wasser wirkte sich auf die Fraßanregung stärker aus als auf die Anlockung. Dies zeigte der Vergleich des auf die Hälfte verdünnten Fichtenbastsaftes mit dem unverdünnten Douglasienbastsaft. Die Tiere machten in den ersten Versuchsminuten keinen großen Unterschied zwischen den beiden Bastsäften, aber als sie eine Weile gefressen hatten, merkten sie doch etwas und wanderten mehr und mehr von dem verdünnten Fichtenbastsaft ab, so daß sich gegen Schluß doppelt soviel

Käfer an der Douglasie befanden. Genau das gleiche Ergebnis hatte ich beim Vergleich von verdünntem und unverdünntem Fichtenbastsaft mit Rindensäften der europäischen Lärche.

Der Bastsaft der amerikanischen Hemlocksfichte *Tsuga heterophylla* hat dagegen eine deutlich geringere Lockwirkung als der Fichtenbastsaft.

c) Laubhölzer: Aus der Literatur ist bekannt, daß der Rüsselkäfer außer an Nadelhölzern auch gelegentlich an Laubhölzern frißt und dort Schäden verursachen kann (ESCHERICH, S. 346), allerdings nur dann, wenn diese Laubhölzer zwischen den Nadelhölzern eingesprengt stehen. Es interessierte nun, festzustellen, ob auch von Laubhölzern eine Lockwirkung ausgeht oder ob sich die Käfer nur zufällig dorthin verirrt haben.

Die Versuchsergebnisse zeigen, daß die Bastsäfte von Rotbuche und Eiche Rüsselkäfer anlocken. Die Rotbuche besitzt hierbei die stärkere Lockwirkung als die Eiche. Wird dagegen Fichtenbastsaft dem Rotbuchensaft gegenübergestellt, so eilen die meisten Käfer ohne Zögern zur Fichte hin. Sogar der auf $\frac{1}{4}$ verdünnte Fichtenbastsaft wird von den Käfern noch um ein geringes vorgezogen.

Die Laubhölzer haben also eine mäßige Lockwirkung, deren Stärke aber bei weitem nicht an jene der Koniferenbastsäfte heranreicht.

d) Preßsäfte anderer Pflanzen: Ich dehnte meine Versuche auch auf ganz andersartige Pflanzensäfte aus. Hierzu preßte ich eine Kohlrabiknolle sowie Weintrauben aus, um festzustellen, ob auch Säfte von Nischtholzarten und aus ganz anderen Pflanzenteilen als Köder für den Rüsselkäfer dienen könnten.

Das Ergebnis war das gleiche wie bei den Laubholzbasten. Sowohl Traubensaft als auch Kohlrabi-Preßsaft wurden eindeutig vor einer 5%igen Rohrzuckerlösung bevorzugt. Ebenso eindeutig waren sie aber auch einem Fichtenbastsaft unterlegen.

Es zeigt sich also, daß nicht nur Koniferenbastsäfte, sondern Pflanzensäfte verschiedenster Herkunft den Rüsselkäfer anlocken können. Die Lockstärke der ersteren ist jedoch um ein vielfaches größer als die der anderen.

Ob nun die Nadelholz-Bastsäfte die gleichen Lockstoffe wie die anderen Pflanzensäfte, nur eben in größerer Menge enthalten, oder ob ihnen besondere Lockstoffe zukommen, bleibt noch zu untersuchen.

Zusammenfassend möchte ich die von mir getesteten Preßsäfte noch einmal aufzählen in der Reihenfolge ihrer Lockstärke, wie sie sich aus meinen Versuchen ergibt:

1. Kiefer (ca. $4\times$ so stark wie die Fichte);
2. Fichte, Weißtanne, Douglasie und Lärche (etwa gleich stark);
3. *Tsuga* (etwas schwächer als Fichte);
4. Laubhölzer und andere Pflanzensäfte, davon am stärksten die Rotbuche (ca. $\frac{1}{4}$ so stark wie die Fichte).

3. Harze

Das, was wir als typischen „Fichtengeruch“ oder „Kieferngeruch“ empfinden, hat seinen Ursprung in den Harzen der Nadelbäume. Der Analogieschluß liegt daher nahe, daß auch die Nadelholzinsekten ihre Fraßpflanzen an diesen Düften erkennen. In der Forstpraxis ist die Ansicht weit verbreitet, daß das Harz die Rüsselkäfer anlockt. Fangknüppel sollen auf der Unterseite **angeritzt werden**, „damit sie ordentlich harzen“. Diese Ansicht beruht jedoch auf einem Irrtum. Die Lockwirkung kommt in erster Linie den Bastsäften zu, die für den Menschen nur einen sehr schwachen und ganz und gar untypischen Geruch besitzen.

Alle Versuche dagegen, die im forstzoologischen Institut unternommen wurden, die Rüsselkäfer mit Hilfe von Harz oder von Harzlösungen in Äther an eine Zuckerlösung zu locken, schlugen fehl. Vielleicht wurde das Harz aber doch wahrgenommen und stieß nur ab, anstatt anzulocken. Diese Frage zu klären, war das Ziel meiner Versuche.

Die Methode eines solchen Nachweises wurde auf S. 441 geschildert. Anfangs fügte ich dem als Lockstoff verwendeten Fichtenbastsaft das

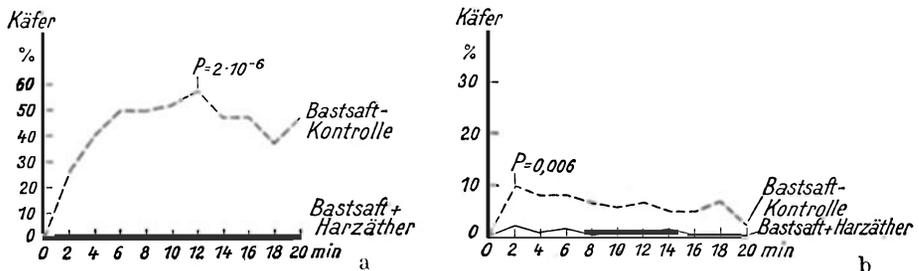


Fig. 6. a) Harzäther vor dem Bastsaft aufgetropft (4 Versuche 25. Juni 1952); b) Harzäther nach dem Bastsaft aufgetropft (12 Versuche 27.—30. Juni 1952). Nachweis einer abstoßenden Wirkung des Harzes: Vergleich zweier Fichtenbastsäfte, von denen der eine mit einer Harz-Äther-Lösung betropft worden war.

Harz in Form einer Ätherlösung zu und wartete ab, bis der Äther verdampft war, ehe ich die Käfer freiließ. Die Wirkung war eindeutig: kaum ein Käfer suchte den so behandelten Bastsaffleck auf, aber auch die Kontrolle wurde nur sehr wenig befallen (Fig. 6). Es bestand aber hierbei noch die Möglichkeit, daß das Harz, welches durch den Äther als feiner Film über das Papier gebreitet war, die Käfer lediglich mechanisch behindert hätte.

Daher verwendete ich in allen folgenden Versuchen das Harz in reiner Form, indem ich es mit Hilfe eines Skalpells oder Glasstabes lediglich in der Nähe des Bastsaftes ausstrich. Bei dieser Anordnung konnten die Tiere an den Saftfleck gelangen, ohne mit dem Harz in Berührung zu kommen. Dennoch zeigte sich, daß an diesen Stellen erheblich weniger Käfer zu finden waren und deutlich weniger gefressen wurde als an den

Kontrollen. Es scheint also, daß lediglich die Nähe von Harz ausreicht, um den Käfern „den Appetit zu verderben“. Aus diesem Grunde wird auch die Kontrolle in dem oben geschilderten Versuch mit Harzlösung in Äther so wenig befressen worden sein: das durch den Äther fein verteilte Harz hat bis über den Kontrollfleck hinweg gewirkt.

Auf diese Weise konnte ich für folgende Harze eine abstoßende Wirkung nachweisen: Fichten-, Weißtannen-, Lärchen- und Douglasienharz, dazu für die Harze der *Tsuga heterophylla*, *Pinus murrayana* und *Abies concolor*. Ich fand kein Harz, welches nicht die Rüsselkäfer mehr oder weniger abgestoßen hätte. Die Ergebnisse der einzelnen Versuchsreihen sind in der Tabelle 3 wiedergegeben.

Tabelle 3

Datum	Zahl der Versuche	Nach Versuchsbeginn verstrichene Zeit Min.	Zahl der Käfer an			P
			Fichtenbastsaft + Harz von		der Fichtenbastsaftkontrolle	
9.—15. 7. 52	16	4	Fichte	31	56	0,007
8.—9. 7. 52	16	6	Douglasie	22	62	10 ⁻⁵
3.—5. 7. 52	16	6	Weißtanne	30	81	1,5 × 10 ⁻⁶
1.—3. 7. 51	16	10	Lärche	18	66	2 × 10 ⁻⁷
13. 8. 52	4	18	<i>Abies grandis</i>	—	22	3 × 10 ⁻⁶
14. 8. 52	4	20	<i>Pinus murr.</i>	—	27	2 × 10 ⁻⁷
10.—11. 7. u. 13.—16. 8. 52	20	6	<i>Tsuga heter.</i>	43	79	0,001

Das Harz spielt also beim Rüsselkäferbefall eine andere Rolle als bisher angenommen. Anstatt nach Verletzungen noch mehr Käfer anzulocken, scheint es vielmehr eine Art Schutz ausüben zu können. Wir können in ihm eine, wenn auch oft unzureichende Waffe der Pflanze gegen den Angreifer sehen.

4. Die Lockwirkung einiger organischer Säuren und Aldehyde

Besonders interessant und für eine technische Herstellung von Lockstoffen wichtig ist die Kenntnis derjenigen Verbindungen, deren Geruch den Rüsselkäfer an seine Fraßgaben lockt. Leider liegen in der Literatur keine Angaben über eine vollständige Analyse von Koniferen-Rindenbastsäften vor. So habe ich mich in meinen Versuchen darauf beschränkt, einige bekannte, leicht zu beschaffende organische Verbindungen daraufhin zu untersuchen, ob sie den Rüsselkäfer anlocken.

Es waren dies:

Formaldehyd	Essigsäure
Azetaldehyd	Ameisensäure
Aceton	Oxalsäure.

Alle von diesen Stoffen treten in der Natur als Gärungs- oder Fäulnisprodukte auf, Azetaldehyd ist neben einigen organischen Säuren ein Bestandteil des ätherischen Öls des Pfirsichs. Dementsprechend sind bereits früher Versuche gemacht worden, Obstschädlinge mit ihrer Hilfe anzulocken. Azetaldehyd, Aceton, Essigsäure und Oxalsäure haben sich als Lockstoff für *Carpocapsa pomonella* L., Formaldehyd, Aceton und Essigsäure für *Grapholita molesta* Busck erwiesen. Essigsäure lockt außerdem die Fruchtfliege *Drosophila melanogaster* an (DETHIER, 1947).

MAYER (1948) stellte zudem fest, daß der Kartoffelkäfer durch Azetaldehyd angelockt wird.

Ich löste die zu testenden Stoffe in einer 5%igen Rohrzuckerlösung auf und tropfte sie dann auf das Fließpapier. Als Kontrolle diente eine Rohrzuckerlösung gleicher Konzentration.

Die Einzelergebnisse sind in der Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4

Datum	Zahl der Versuche	Nach Versuchsbeginn verstrichene Zeit Min.	Zahl der Käfer an			P
			der in Rohrzuckerlsg. aufgelösten Testsubstanz		Rohrzuckerkontrolle	
25. 10. 51	8	4	0,5 % Formaldehyd	—	25	5×10^{-7}
12.—14. 12. 51						
19.—24. 5. 52	28	2	0,1 % Formaldehyd	46	8	2×10^{-7}
16.—27. 10. 51	24	2	0,5 % Azetaldehyd	45	21	0,003
12.—17. 5. 52						
1.—15. 12. 51	24	4	0,5 % Aceton	43	9	3×10^{-6}
9.—10. 5. 52						
8. u. 15. 11. 51	8	6	0,5 % Ameisensäure	7	15	0,1
31. 7.—2. 8. 52	20	12	0,1 % Ameisensäure	22	16	0,35
16.—27. 10. 51	20	4	0,5 % Essigsäure	42	25	0,03
19.—24. 5. 52						
1.—15. 12. 51	28	18	0,1 % Oxalsäure	30	12	0,005
12.—17. 5. 52						
6.—7. 6. 52	16	14	$\frac{1}{300}$ n Salzsäure	33	26	0,4
29.—30. 5. 52	8	14	$\frac{1}{1000}$ n Salzsäure	6	4	0,5

Dieser Tabelle können wir entnehmen, daß Formaldehyd, Azetaldehyd und Aceton eine ausgesprochene Lockwirkung für den Rüsselkäfer besitzen. Am stärksten ist diese ausgeprägt beim 0,1%igen Form-

aldehyd und dem 0,5%igen Aceton. Dagegen stößt 0,5%iger Formaldehyd ganz eindeutig ab. Es zeigt sich hier, daß ein Stoff, der in niedriger Konzentration anlockt, in höherer Konzentration eine abstoßende Wirkung haben kann. Daraus erhellt, wie wichtig es für die Beurteilung eines Stoffes ist, in welcher Verdünnung er in den Versuch gelangt.

Ameisensäure entfaltet in keiner Konzentration eine Lockwirkung; in 0,5%iger Lösung scheint sie etwas abzustoßen, jedoch ist diese Wirkung nicht deutlich ausgeprägt.

Dagegen lockt die 0,5%ige Essigsäure die Rüsselkäfer an, wenn auch nicht in dem Maße wie die genannten Aldehyde.

Die Oxalsäure wurde den Käfern wegen ihrer Giftigkeit nur in einer 0,1%igen Lösung dargeboten. Die Tiere zogen sie deutlich der reinen Rohrzuckerkontrolle vor. Die Langsamkeit, mit der sie reagierten — die meisten von ihnen waren erst nach 18 Minuten an der Oxalsäure angelangt — spricht aber nicht für eine Lockwirkung, sondern eher für eine fraßanregende Wirkung.

Die Bevorzugung der Essigsäure legte die Frage nahe, ob es sich hierbei um eine Lockwirkung — also eine Duftwirkung — oder um eine Reaktion auf Säure an sich — also auf freie H-Ionen, die ja geschmacklicher Natur sein müßte, handelte. Die Tatsache, daß die Käfer auf Ameisensäure nicht reagierten, spricht für die erste Möglichkeit. Trotzdem machte ich noch Versuche mit 1/300 n und 1/1000 n Salzsäure. In beiden Fällen wurde die verdünnte Salzsäure der Kontrolle weder vorgezogen noch schwächer befressen. Der Säuregrad an sich scheint also die Käfer nicht anzulocken. Die Wirkung der Essigsäure muß demnach eine spezifische sein.

Um ein ungefähres Maß für die Stärke der Lockwirkung der von mir untersuchten Stoffe zu erhalten, verglich ich 0,5%iges Aceton in Rohrzuckerlösung mit Fichtenbastsaft, den ich ebenfalls mit einer 5%igen Rohrzuckerlösung auf ein Zehntel verdünnt hatte, außerdem auch mit unverdünntem Kohlrabi-Preßsaft. In beiden Fällen erwies sich der natürliche Pflanzensaft dem chemisch reinen Duftstoff überlegen, der Koniferenbastsaft auch in der starken Verdünnung.

Zusammenfassend ergibt sich aus den eben dargestellten Versuchen:

1. Die Fähigkeit, den Rüsselkäfer *Hylobius abietis* L. anzulocken, ist nicht die Eigenschaft eines einzigen Stoffes, sondern kommt einer ganzen Reihe von Stoffen zu.

Von den 6, von mir auf gut Glück ausgesuchten Aldehyden und Säuren hatten drei eine ausgesprochene, zwei eine weniger deutliche Lockwirkung.

2. Die Lockstärke der von mir untersuchten Stoffe bleibt in der dargebotenen Konzentration hinter der der natürlichen Pflanzensäfte, insbesondere aber weit hinter der der Koniferenbastsäfte zurück.

3. Die Lockwirkung läßt sich durch Vergrößerung der Konzentration nicht beliebig verstärken: Formaldehyd stößt in 0,5%iger Lösung bereits ab.

Aus diesem Befund läßt sich vermuten, daß die Rüsselkäfer in der Natur nicht nur durch einen Stoff, sondern durch Stoffgemische angelockt werden.

5. Der Geschmackswert der Zucker

Die Bastsäfte der Koniferen enthalten Zucker. Diese Zucker dürften im Gegensatz zu den Duftstoffen, die ja nur in geringer Menge wirksam sind, einen wesentlichen Bestandteil der natürlichen Nahrung des Rüsselkäfers ausmachen. Gefangene Rüsselkäfer konnten lange Zeit mit Hilfe reiner Zuckerlösungen am Leben erhalten werden. Uns interessiert hier die Frage, ob diese Stoffe von ihm geschmeckt werden und ob sie sein Verhalten bei der Nahrungssuche bzw. beim Fressen beeinflussen.

Da bereits für verschiedene Insekten ein Geschmackssinn mit Hilfe von Zuckern nachgewiesen worden ist — an der Biene durch von FRISCH (1935), am Admiral und an der Schmeißfliege *Calliphora vomitoria* durch MINNICH (1930) usw. — war es von vorneherein wahrscheinlich, daß auch *Hyllobius abietis* Zucker schmeckt. Es galt nur noch, den Nachweis hierfür zu erbringen.

Im einzelnen untersuchte ich folgende Fragen:

- a) Vermag der Rüsselkäfer Zuckerlösungen verschiedener Konzentration auseinander zu halten?
- b) Bis zu welcher Verdünnung reagiert er noch auf Zuckerlösungen (Schwellenwerte)? Liegen die Zuckerkonzentrationen, wie sie in den Bastsäften zu finden sind, noch innerhalb seines Geschmacksbereiches?
- c) Wie groß ist der Süßungsgrad verschiedener Zucker?

a) Nachweis einer Geschmackswirkung des Rohrzuckers und der Glucose

Um nachzuweisen, daß der Rohrzucker für den Rüsselkäfer einen Süßgeschmack besitzt, bot ich nach der auf S. 441 geschilderten Methode den Käfern eine 10%ige, eine 5%ige, eine 2,5%ige Rohrzuckerlösung und reines Wasser zur Auswahl. Konnten die Käfer die Markstückchen nicht voneinander unterscheiden, so mußte ihre Verteilung bei einer genügend großen Anzahl von Versuchen nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit erfolgen; mit anderen Worten, die vier Sonnenblumenmarkstücke mußten durchschnittlich ungefähr gleich stark besucht werden. Bevorzugten die Tiere aber konsequent die höheren Konzentrationen, so war damit erwiesen, daß sie Zuckerlösungen verschiedener Konzentration auseinander halten können. Fig. 7 zeigt des Ergebnis meines Versuchs. Man sieht: Die 10%ige Lösung hat den stärksten Besuch, es folgt die 5%ige, die 2,5%ige, die wenigsten Käfer sind am Wasser.

Um dem Einwand zu begegnen, die Käfer hätten die Zuckerlösungen nur auf Grund ihres verschiedenen osmotischen Wertes auseinander gehalten, bot ich ihnen am 7. Mai 1952 äquimolare Lösungen von Kochsalz und Rohrzucker. In 6 Versuchen mußten insgesamt 36 Rüsselkäfer zwischen einem Markstückchen mit Wasser, einem mit einer $\frac{1}{4}$ molaren Kochsalzlösung und einem mit einer $\frac{1}{4}$ molaren Rohrzuckerlösung wählen. Das Ergebnis zeigt folgende Tabelle, die die Käferzahlen an den verschiedenen Lösungen nach 3 bzw. 15 Minuten darstellt:

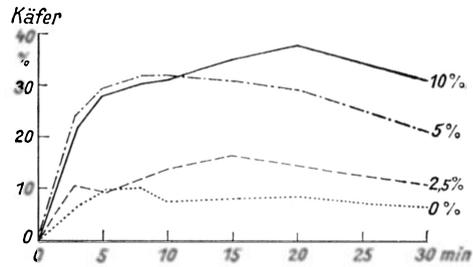


Fig. 7. Vergleich verschieden konzentrierter Rohrzuckerlösungen untereinander und mit reinem Wasser (22 Versuche 18.—26. Juli 1951)

Tabelle 5

Käfer am	Rohrzucker	Wasser	Kochsalz
nach 3 Minuten	12	5	3
nach 15 Minuten	21	7	2

Die wenigen Käfer, die sich am Kochsalz befanden, fraßen dort nicht, während am Rohrzucker und — etwas schwächer — am Wasser die Tiere sich recht fraßlustig zeigten.

Die Kochsalzlösung wirkt also offensichtlich vergärend, obgleich sie doch einen gleichen oder als Elektrolyt sogar etwas höheren osmotischen Wert hat als die Rohrzuckerlösung.

Da in den späteren Versuchen die Rüsselkäfer zwischen äquimolaren Lösungen verschiedener Zucker recht wohl wählen konnten, kann man als gesichert annehmen, daß die Unterscheidung auf Grund des Geschmacksinnes erfolgte.

Auch für die Glucose konnte ich auf die gleiche Weise einen Süßgeschmack nachweisen. In den 16 Versuchen, die ich vom 24.—26. Juni 1951 durchführte, befanden sich nach 20 Minuten Versuchsdauer an den Markstückchen mit 10% Glucose insgesamt 40 Käfer, an denen mit 5% 27, an denen mit 2,5% 19 und an denen mit reinem Wasser nur 16 Käfer. Also ein durchaus gleichsinniges Ergebnis wie in dem Versuch mit Rohrzucker, nur wurde hier längst nicht so scharf zwischen den Lösungen verschiedener Konzentration unterschieden wie dort. An der stärksten Rohrzuckerlösung hatten sich 5 mal so viel Käfer versammelt als am Wasser, bei der Glucose waren es nur etwas mehr als doppelt so viele. Hieraus läßt sich vermuten, daß die Glucose einen geringeren Süßgeschmack für den Rüsselkäfer hat als der Rohrzucker.

Hier will ich noch eine **Versuchsreihe** vom Dezember 51 erwähnen, in der den Rüsselkäfern **eine $\frac{1}{4}$ molare, eine $\frac{1}{2}$ molare, eine 1 molare Rohrzuckerlösung** und Wasser geboten wurde. Wir hatten im vergangenen Kapitel gesehen, daß (Lock-)Duftstoffe von einer bestimmten Konzentration an abstoßen; vielleicht ist dies auch bei den Zuckern der Fall. Das Ergebnis meiner Versuche läßt aber nicht erkennen, daß beim Rohrzucker entsprechendes eintritt. **Zwar** erhielt die $\frac{1}{2}$ molare Lösung einen etwas stärkeren Käferbesuch als die 1 molare, von einer Abstoßung durch die letztere war jedoch keine Rede. Ob bei noch höheren Konzentrationen die Fraßanregung **weiter** abnimmt, bleibt offen. In der Natur werden jedenfalls dem Rüsselkäfer so hohe Zuckerkonzentrationen in den Bast-säften niemals geboten.

b) Schwellenwerte

Ich habe Schwellenwertversuche nur mit Rohrzucker und Glucose durchgeführt. Ich sah dabei als Geschmacksschwelle diejenige Konzentration einer Zuckerlösung an, die reinem Leitungswasser grade noch vorgezogen wurde. (K. v. FRISCH verwendete die sog. „Annahmeschwelle“, die darauf fußt, daß die hungrige, aber mit Wasser ausreichend versorgte Biene die Annahme reinen Wassers verweigert und Zuckerlösungen erst von einer bestimmten Konzentration an aufnimmt. Da meine Rüsselkäfer auch mit reinem Wasser getränktes Sonnenblumenmark benagten, war dieses Verfahren für mich nicht angängig.) Der auf diese Weise gewonnene Schwellenwert war natürlich nur eine Reaktionsschwelle, keine Reizschwelle.

Die Versuchsanordnung blieb die gleiche wie bei den vorausgegangenen Zuckerversuchen.

Die statistische Sicherung solcher Versuche bereitet naturgemäß große Schwierigkeiten. Schwellennahe Rohrzuckerkonzentrationen werden so schwach von den Käfern bevorzugt, daß eine unverhältnismäßig große Anzahl von Versuchen dazu notwendig wäre, eine einwandfreie Sicherung zu erreichen. Ich habe mich daher mit einem $P=0,05$ begnügt, welches nur für eine hohe Wahrscheinlichkeit bürgt. Die Tatsache, daß die Versuche mit höheren Rohrzuckerkonzentrationen (s. S. 454) einwandfrei gesichert waren und daß die statistische Sicherung erst mit Abnahme der Konzentration allmählich geringer wurde, spricht indessen dafür, daß die schwellennahen Lösungen nicht nur zufällig bevorzugt wurden.

Das Ergebnis der einzelnen Versuchsreihen zeigt Tabelle 6 (S. 457).

Nach dieser Tabelle muß also der Schwellenwert für Rohrzuckerlösungen etwa bei $\frac{1}{60}$ bis $\frac{1}{80}$ Mol im Liter liegen. Die $\frac{1}{60}$ molare Rohrzuckerlösung wurde in beiden Versuchsreihen der Jahre 51 und 52 schwach, aber regelmäßig vorgezogen. Die Ergebnisse dieser beiden Versuchsreihen stimmen so gut überein, daß ich sie zusammen angeführt habe.

Tabelle 6

Datum	Zahl der Versuche	Nach Versuchs- beginn ver- strichene Zeit Min.	Käfer an der			P
			Lösung A		Wasser- kontrolle	
8.—10. 8. 51	12	20	1,25 % Rohrzucker	30	15	0,025
11.—17. 8. 51	16	30	0,75 % Rohrzucker	60	42	0,06
16.—25. 10. 51 u.	54	30	0,57 % = $\frac{1}{60}$ Mol Rohrzucker	225	187	0,05
18.—20. 6. 52						
16.—25. 10. 51	26	30	0,43 % = $\frac{1}{80}$ Mol Rohrzucker	87	93	0,66
25. 6.—1. 7. 52	40	20	0,43 % = $\frac{1}{80}$ Mol Rohrzucker	186	137	0,006
20.—23. 8. 51	24	30	2 % Glucose	99	72	0,04
13.—18. 8. 51	16	30	1,5 % Glucose	49	43	0,5

Die $\frac{1}{80}$ molare Lösung wurde im Jahre 51 nicht mehr vom Wasser unterschieden, dagegen im Jahre 52 deutlich bevorzugt. Diese zweite Versuchsreihe wurde während der großen Hitzewelle durchgeführt, die im Sommer 52 Freiburg heimsuchte. Die Versuchstemperaturen lagen durchschnittlich $5-10^\circ$ höher als diejenigen des vergangenen Jahres. Dies mag die Reaktionslust der Käfer so gesteigert haben, daß sie auch auf die sehr schwache Lösung noch ansprachen.

Für die Glucose liegt die Schwelle bei einer 2%igen = $\frac{1}{9}$ molaren Lösung. Dieser hohe Schwellenwert läßt auf einen geringeren Süßungsgrad der Glucose gegenüber dem Rohrzucker schließen.

Das Ergebnis meiner Schwellenwerte fasse ich folgendermaßen zusammen:

Der Rüsselkäfer besitzt eine sehr feine Geschmackswahrnehmung für Zucker, die etwa der des Menschen entspricht. Sein Schwellenwert für Rohrzucker liegt bei $\frac{1}{60}$ Mol/l, der des Menschen bei $\frac{1}{80}$ Mol/l. Solche Zuckerkonzentrationen liegen weit unter denen, die in den natürlichen Pflanzensäften vorkommen. WALTER nimmt für den in den Siebröhren abwärts geleiteten Assimilationsstrom einen Gehalt von 15—30% organischer Substanz, davon 96% Zucker an (WALTER 1946, S. 274). MERKER (1953) konnte für die Bastsäfte der Koniferen zeitweilig einen Zuckergehalt mit etwa 10% als Minimum ermitteln.

So ist damit zu rechnen, daß der in den Bastsäften gelöste Zucker von den Käfern geschmeckt wird und einen Einfluß auf ihr Fraßverhalten in der freien Natur ausübt.

c) Der Süßungsgrad verschiedener Zuckerarten

Der Süßungsgrad wird nach v. FRISCH (1935) als diejenige Zahl definiert, die „angibt, wieviel Gramm Saccharose in einem bestimmten Volumen Wasser gelöst werden müssen, damit die Lösung ebenso süß schmeckt wie die Lösung von 1 Gramm des betreffenden Süßstoffes im gleichen Volumen Wasser“. Unter dem molekularen Süßungsgrad versteht er „die molare Konzentration einer Saccharoselösung, die ebenso so süß schmeckt wie eine 1-molare Lösung des untersuchten Stoffes“ (v. Frisch 1935 S. 38). Beide lassen sich durch einfache Umrechnung mit Hilfe des Molekulargewichtes auseinander ableiten.

v. FRISCH ermittelte den Süßungsgrad verschiedener Zucker für die Biene auf indirektem Wege über die Schwellenwerte, die er zuvor bei den einzelnen Zuckern feststellte und dann mit dem des Rohrzuckers verglich. Mir ermöglichte das Unterscheidungsvermögen meiner Käfer für Zuckerlösungen verschieden starken Süßgeschmacks die Ermittlung des Süßungsgrades durch unmittelbaren Vergleich der zu untersuchenden Zucker mit Rohrzuckerlösungen. Die Versuchsanordnung blieb die gleiche wie zuvor. Die zu testenden Zucker wurden in mehreren Versuchsreihen mit einer gleichprozentigen Rohrzuckerlösung, einer halb so starken Rohrzuckerlösung und einer gleich konzentrierten Glucoselösung verglichen. Die Ergebnisse der einzelnen Versuchsreihen sind aus der Tabelle 7 zu ersehen.

1. Glucose

Aus der Umrechnung der Schwellenwerte für Glucose (ca. 2% = 1/9 Mol/l) und Rohrzucker ca. 0,5% = 1/60 Mol/l) ergibt sich ein Süßungsgrad von ungefähr 1/4 bzw. ein molekularer Süßungsgrad von 1/7. Der direkte Vergleich mit gleichprozentigen und stärker verdünnten Rohrzuckerlösungen führte zu einem ähnlichen Ergebnis. Zwischen der Glucoselösung und der nur ein Viertel so konzentrierten Rohrzuckerlösung unterscheiden die Käfer nicht eindeutig; in einer Versuchsreihe wurde der Rohrzucker, in einer anderen die Glucose etwas vorgezogen, die Differenzen lagen aber jedesmal innerhalb der Fehlergrenze. Dieses Versuchsergebnis entspricht ebenfalls einem Süßungswert von 1/4. Eine 5%ige Rohrzuckerlösung müßte dann den Käfern süßer schmecken als eine 10%ige Glucoselösung. In der Tat bevorzugten die Tiere im Oktober 52 eine solche Rohrzuckerlösung vor der doppelt so starken Glucoselösung, beteiligten sich allerdings so wenig am Fraß, daß ich das Ergebnis nicht mehr einwandfrei statistisch sichern konnte. Ich konnte diese Versuchsreihe nicht mehr wiederholen, da mir die Käfer inzwischen eingegangen und neue nicht mehr zu beschaffen waren.

Im Vergleich mit anderen Zuckern erwies sich die Glucose regelmäßig als unterlegen — eine Ausnahme machte die Lactose —, auch wenn diese weniger süß als eine halb so konzentrierte Rohrzuckerlösung schmeckten (z. B. die Arabinose).

Tabelle 7

Datum	Zahl der Versuche	Nach Versuchsbeginn verstrichene Zeit Min.	Zahl der Käfer an der			P	
			Lösung A		Lösung B		
1. 8. 51	8	20	5% Glucose	18	5% Rohrzucker	42	0,002
20.—27. 10. 52	28	30	10% Glucose	68	5% Rohrzucker	92	0,06
12.—13. 10. 51	24	30	6% Glucose	94	1,5% Rohrzucker	101	0,6
7.—14. 8. 52	24	30	10% Glucose	118	2,5% Rohrzucker	103	0,3
1.—2. 10. 51	20	20	6% Fructose	133	6% Glucose	39	0,10 ⁻¹⁰
3.—4. 10. 51	24	20	4,5% Fructose	133	4,5% Rohrzucker	61	3 × 10 ⁻⁷
8.—10. 10. 51	24	30	2,25% = 1/8 Mol Fructose	80	4,5% = 1/8 Mol Rohrzucker	116	0,01
17.—22. 10. 51	24	30	3% Glucose	109	5,7% Rohrzucker	97	0,4
			3% Fructose				
20.—21. 8. 51	20	30	6% Galactose	113	6% Glucose	57	2 × 10 ⁻⁵
23.—25. 10. 51	24	20	5% Galactose	120	2,5% Rohrzucker	80	0,005
25.—27. 9. 51	24	30	6% Galactose	81	5,7% Rohrzucker	128	0,001
13.—16. 10. 51	24	20	6% Maltose	94	6% Glucose	83	0,4
4.—5. 10. 51	24	20	6% Maltose	72	3% Rohrzucker	119	0,001
4.—10. 9. 51	24	30	4,25% Maltose	85	4,25% Rohrzucker	111	0,06
9.—16. 5 u.	48	30	5% Lactose	167	Wasser	149	0,4
3.—5. 7. 52							
15.—31. 7. 52	24	30	5% Lactose	81	5% Glucose	100	0,1
7.—8. 11. 51	12	30	5% Lactose	24	2,5% Rohrzucker	68	4 × 10 ⁻⁶
27.—31. 8. 51	20	30	5% Lactose	75	5% Glucose	63	0,32
23.—24. 8. 51	16	20	5% Lactose	54	5% Rohrzucker	67	0,23
18.—19. 9. 51	20	30	5% = 1/3 Mol Arabinose	122	6% = 1/3 Mol Glucose	48	10 ⁻⁸
24.—29. 9. 51	16	20	5% = 1/3 Mol Arabinose	47	2,84% = 1/12 Mol Rohrzucker	68	0,05
11.—17. 9. 51	20	30	5% Arabinose	76	5% Rohrzucker	107	0,02
13.—18. 8. 51	20	3	5% Xylose	77	5% Rohrzucker	49	0,01
		30		66		79	0,03
20.—25. 8. 51	24	30	2,5% Xylose	89	5% Rohrzucker	101	0,4
10.—11. 10. 51	24	30	3% Xylose	38	3% Fructose	99	2 × 10 ⁻⁸
14.—17. 5. 52	24	30	5% Mannose	59	Wasser	37	0,03
28.—30. 5. 52	16	30	5% Mannose	21	5% Rohrzucker	46	0,002
20. 5.—10. 7. 52	56	30	Saccharin	181	Wasser	186	0,8

Dadurch wird wieder bestätigt, daß der Süßungswert der Glucose geringer als 1/2 ist.

Eine gleichprozentige Rohrzuckerlösung schließlich wurde der Glucoselösung eindeutig vorgezogen.

Der Süßungswert der Glucose liegt somit niedriger als $1/2$, wahrscheinlich bei $1/4$. Hieraus errechnet sich ein molekularer Süßungswert von ca. $1/7$.

2. Fructose

Die Fructose hat den stärksten Süßungsgrad aller von mir untersuchten Zucker. Ihre Lösung wurde eindeutig der gleichprozentigen Rohrzuckerlösung vorgezogen. Dagegen war sie der äquimolaren Rohrzuckerlösung unterlegen. Das Rohrzuckermolekül hat also doch noch einen größeren Süßungswert als das halb **so große Fructose-Molekül**.

Der Süßungsgrad der Fructose liegt somit zwischen 1 und 2, der molekulare Süßungsgrad zwischen $1/2$ und 1.

3. Mischung von Fructose und Glucose

Um festzustellen, ob die Glucose und die Fructose als freie Moleküle einen größeren Süßungswert haben als in der molekularen Bindung zu Rohrzucker, mischte ich **Lösungen von Glucose u. Fructose im Verhältnis 1:1**. Diese Mischung verglich ich mit einer Rohrzuckerlösung, deren Konzentration **dieser** imitierten Invertzuckerlösung entsprach (3% Glucose + 3% Fructose mit **5,7%** Rohrzucker). Das Ergebnis war verwunderlich: Die Käfer bevorzugten keine der beiden Lösungen. Die Moleküle der Fructose und Glucose scheinen für den Rüsselkäfer in bloßer Mischung im Verhältnis 1:1 ebenso wie in chemischer **Verbindung zu Rohrzucker** ungefähr die gleiche Süßungskraft zu besitzen.

4. Galactose

Die Galactose kommt in Pflanzensäften selten vor und spielt jedenfalls in der natürlichen Nahrung des Rüsselkäfers keine große Rolle. Trotzdem besitzt sie einen recht erheblichen Süßungswert. Die Rüsselkäfer zogen sie einer gleichkonzentrierten Glucoselösung sowie auch einer halb so starken Rohrzuckerlösung vor. Erst die gleichprozentige Rohrzuckerlösung war überlegen.

Der Süßungsgrad der Galactose beträgt also $1/2$ bis 1, der molekulare Süßungsgrad $1/4$ bis $1/2$, ist also **erheblich größer** als der der Glucose.

5. Maltose

Das Disaccharid Maltose besitzt wie ihr Baustein, die Glucose, einen sehr geringen Süßungswert. Die 3%ige Rohrzuckerlösung wurde der 6%igen Maltoselösung vorgezogen.

Erst zwischen gleichprozentigen Maltose- und Glucoselösungen machten die Käfer keinen eindeutigen Unterschied mehr. Dementsprechend dürfte der Süßungsgrad der Maltose um $1/4$ liegen, desgleichen auch der molekulare Süßungsgrad.

6. Lactose

Die Lactose war der erste Zucker, für den ich keinen Süßgeschmack nachweisen konnte.

Eine 5%ige Lactoselösung wurde reinem Wasser in zwei Versuchsreihen nicht vorgezogen. Eine halb so konzentrierte Rohrzuckerlösung war ihr weit überlegen, auch eine gleichprozentige Glucoselösung erhielt etwas stärkeren Käferbesuch.

Da die Lactose aus Glucose und Galactose, also zwei dem Rüsselkäfer süß schmeckenden Zuckern aufgebaut ist, geht aus diesem Versuchsergebnis hervor, daß meinem Befund beim imitierten Invertzucker keine allgemeine Bedeutung zukommt.

Der Vollständigkeit halber sind in der Tabelle auch zwei Versuchsreihen angeführt, in denen die Rüsselkäfer zwischen gleichprozentigen Glucose- bzw. Rohrzuckerlösungen und Lactoselösungen keinen eindeutigen Unterschied machten. Diese Versuche zeigen, daß die Reaktionslust der Käfer oft ohne erkennbaren Anlaß Schwankungen unterworfen war und daß es Zeiten gab, in denen keine eindeutige Reaktion zustande kam.

7. Arabinose

Die Arabinose und die Xylose sind die einzigen von mir untersuchten Pentosen.

Bei der Arabinose bestimmte ich den molekularen Süßungsgrad direkt. Da die Arabinose der äquimolaren Glucoselösung vorgezogen wurde, dagegen eine Rohrzuckerlösung, deren molare Konzentration $1/4$ der Arabinoselösung betrug, überlegen war, dürfte der molekulare Süßungswert der Arabinose zwischen $1/7$ und $1/4$ liegen. Daraus ergibt sich ein Süßungsgrad von $1/4$ bis $1/2$.

8. Xylose

Der Süßungswert der Xylose konnte nicht eindeutig bestimmt werden, da eine Lockwirkung, die von der Xylose ausging, das Verhalten der Käfer beeinflusste.

Die Tiere bevorzugten nämlich die Xyloselösung regelmäßig zu Beginn des Versuches, wenn sie nachher auch zu der zum Vergleich gebotenen Rohrzuckerlösung hinüberwechselten. Dieses Verhalten wurde noch deutlicher, wenn ich von der für die Zuckerversuche üblichen Versuchsanordnung abging und die Lösungen nicht mehr in Sonnenblumenmark aufsaugte, sondern wie in den Duftstoffversuchen einfach auf das Fließpapier tropfte. Hier befanden sich in 12 Versuchen nach 2 Minuten 36 Käfer an der Xylose und nur 19 Käfer am Rohrzucker, eine Differenz, die mit $P = 0,01$ gesichert ist. Der Unterschied glich sich nachher aus, und am Ende der Versuche waren mehr Käfer am Rohrzucker als an der Xylose. Auch v. FRISCH berichtet von einem Duft, den die von ihm verwendete Xylose besessen hätte und der seine Bienen abstieß.

9. Mannose

Durch Vergleich einer 5%igen Lösung mit reinem Wasser konnte ich für das Monosaccharid Mannose einen Süßgeschmack nachweisen. Eine gleichprozentige Rohrzuckerlösung wurde jedoch vorgezogen. Somit ist der Süßungsgrad der Mannose geringer als 1. Da die Käfer zwischen einer 5%igen Mannoselösung und einer gleichprozentigen Glucoselösung sowie auch einer 2,5%igen Rohrzuckerlösung wahrscheinlich infolge mangelnder Reaktionslust keinen Unterschied machten, konnte ich den Süßungswert der Mannose nicht genauer festlegen.

10. Süßstoffe

Synthetische Stoffe, **Nichtzucker**, die für den Menschen einen Süßgeschmack besitzen, schmecken Tieren in den meisten Fällen nicht süß. Bei Insekten ist noch kein Fall bekannt geworden, in dem ein synthetischer Süßstoff die gleiche **Reaktion ausgelöst hätte wie ein Zucker**.

Tabelle 8

Zuckerart	Süßungsgrad	molekularer Süßungsgrad
Glucose	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{7}$
Fructose	1—2	$\frac{1}{2}$ —1
Maltose	$\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{4}$
Lactose	0	0
Arabinose	$\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{4}$
Xylose	$\frac{1}{2}$ —1 (?)	?
Mannose	<1	< $\frac{1}{2}$
Süßstoff Saccharin	0	0

Ich untersuchte den evtl. Süßungswert des Handelspräparates Saccharin für den Rüsselkäfer. Die Tiere hatten zwischen Wasser und einer Lösung von 1 Tablette in 100 ccm Wasser zu wählen. Die Lösung hatte nach Angaben der Firma und nach eigener Schätzung für den Menschen etwa den Süßgeschmack einer 5—10%igen Rohrzucker-

lösung. Obwohl ich die Versuche über mehrere Wochen hinzog, auch über die Hitzeperiode, während der die Käfer sonst sehr gut reagierten, war keinerlei Bevorzugung zu verzeichnen. Das Saccharin ist also auch für den Rüsselkäfer nicht süß.

Die Süßungswerte der von mir getesteten Zucker sind in der Tabelle 8 zusammengefaßt.

6. Das Zusammenwirken von Duftstoffen und Geschmacksstoffen beim Fraß des großen braunen Rüsselkäfers

Versuche, in denen reiner Duftstoff reinem Geschmacksstoff gegenüberstand, sollten den Einfluß der beiden auf die Nahrungssuche und -aufnahme des Rüsselkäfers klären. Da Bastsäfte auch Zucker enthalten, verwendete ich als reinen Duftstoff eine 0,5%ige Lösung von Aceton in Wasser; als Geschmacksstoff bot ich eine 5%ige Rohrzuckerlösung. Beide Lösungen wurden mit Glaspipetten auf Fließpapier getropft.

Die Mehrzahl der Versuchstiere ging sofort nach ihrer Freilassung zum Lockstoff und begann dort zu fressen. Sie blieben dort aber nur kurze Zeit,

dann hörten sie wieder auf, um in der Petrischale umherzuwandern. Einige von ihnen kehrten um, kosteten noch einmal das Aceton, um dann endgültig abzuwandern. Anders am Rohrzucker: Hier waren anfangs nur wenige Käfer, die wohl durch Zufall dorthin geraten waren. Diese blieben jedoch dort und erhielten immer mehr Verstärkung durch die vom Aceton abwandernden Käfer, so daß am Schluß dieses Versuches nach 20 Minuten mehr Tiere am Rohrzucker als am Aceton waren. Fig. 8 zeigt den Verlauf dieses Versuches in Form einer graphischen Darstellung.

Diese Versuchsreihe vermittelt uns eine ungefähre Vorstellung darüber, wie Geruch und Geschmack bei der Nahrungssuche und beim Fressen auf das Verhalten des Rüsselkäfers einwirken: Die Duftstoffe führen den Rüsselkäfer zu seiner Nahrung hin, fungieren somit also als Lockstoffe; ferner

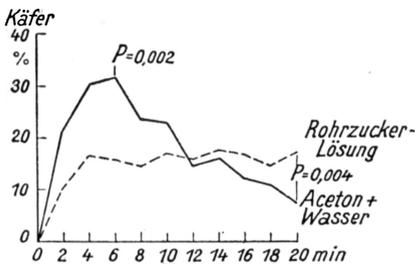


Fig. 8. Vergleich einer 0,5%igen Lösung von Aceton in Wasser mit einer 5%igen Rohrzucker-Lösung (20 Versuche 5. - 9. August 1952)

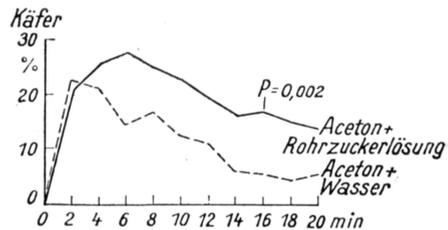


Fig. 9. Vergleich zweier 0,5%iger Aceton-Lösungen, von denen die eine in Wasser, die andere in 5%iger Rohrzucker-Lösung gelöst worden war (16 Versuche 5. - 9. August 1952)

veranlassen sie ihn, an der Duftquelle Fraßversuche zu machen, wirken also in den ersten Minuten auch fraßanregend. In diesem Augenblick setzt die Rolle der Geschmacksstoffe ein. Finden die Tiere die benagte Substanz übel schmeckend oder geschmacklos, so lassen sie bald von ihr ab. Erscheint sie ihnen dagegen wohlschmeckend, so verzehren sie sie unabhängig von der Duftwirkung vollständig. Über die Dauer und die Intensität des Fraßes entscheiden also die Geschmacksstoffe.

Eine weitere Versuchsreihe macht dies noch deutlicher. Diesmal hatten die Käfer zwischen Lösungen von 0,5% Aceton in Wasser bzw. in 5%iger Rohrzuckerlösung zu wählen. Hier wurden, wie auch aus der Fig. 9 ersichtlich ist, beide Lösungen zu Beginn des Versuches gleichmäßig aufgesucht. Während die Käfer bei der Aceton-Rohrzuckerlösung blieben, wanderten sie sehr schnell von der Aceton-Wasserlösung ab. Die Fraßspuren waren bei ersterer bedeutend stärker als bei letzterer.

Ein gleiches Versuchsergebnis hatte MERKER, als er Rüsselkäfer Rohrzuckerlösungen und mit Wasser stark (auf $\frac{1}{100}$) verdünnten Fichtenbastaft zum Vergleich bot. Durch die Verdünnung war der Zuckergeschmack des

Bastsaftes unterschwellig geworden und konnte den Käfer nicht mehr zum Fraß veranlassen.

Auf diesen Erfahrungen aufbauend, können wir uns ein Bild von dem Wechselspiel machen, das sich zwischen dem Nahrung suchenden Rüsselkäfer und der von ihm befallenen Pflanze abspielt:

1. Die Pflanze sendet einen Duft aus, der vom Rüsselkäfer mit besonderer Deutlichkeit wahrgenommen wird und ihn anlockt. Die chemische Natur des Duftstoffes ist erst zum geringsten Teil bekannt. Auch der genaue Sitz des Duftstoffes im Pflanzenkörper ist so gut wie unbekannt. Wir wissen nicht, ob er im Zellsaft gelöst oder vom Plasma eingeschlossen ist und auf welchem Wege er ins Freie gelangt.

2. Der Rüsselkäfer, der sich auf einer Kulturfläche befindet, empfängt zwei Reizarten, die geeignet sind, ihn zu seiner Fraßpflanze hinzuführen: optische und geruchliche. Daß alleine schon die Form der Pflanze — schmaler, senkrecht aufragender Gegenstand — Insekten anlocken kann, ist für Nonnenraupen und Borkenkäfer nachgewiesen worden (HUNDERTMARK, 1937; MERKER, 1950; HIERHOLZER, 1950). Auch für den *Hylobius* ist es wahrscheinlich. Die Sonnenblumenmarkstücke in den Zuckerversuchen wurden von der Mehrzahl der Käfer sogleich aufgesucht. Dagegen ermöglicht der Geruchssinn den Rüsselkäfern die Unterscheidung der vielen Gegenstände auf einer Kulturfläche, die das oben angeführte optische Merkmal — schmaler, senkrecht aufragender Gegenstand — besitzen, also Gräser, andere Holzpflanzen usw. von seiner Fraßpflanze. Da der Rüsselkäfer bei etwas stärker borkigen Pflanzen nicht gleich über dem Boden zu fressen beginnt, sondern erst ein Stückchen weit am Stämmchen bis zu dünneren Rindenpartien hinaufklettert, erspart ihm sein Geruchssinn manchen Umweg. Man findet nur sehr selten Rüsselkäfer an anderen Pflanzen als an Koniferen.

Ich konnte beobachten, daß die Käfer regelmäßig vor dem Anbeißen zunächst das Substrat mit ihren Fühlern gleichsam abtasten. Dann stemmen sie ihre Fühler auf die Unterlage und tun den ersten Biß. Dieses Betasten muß sie in die Lage versetzen, etwa ausströmende Düfte in intensiver Form wahrzunehmen und auf diese Weise ihre natürliche Fraßpflanze einwandfrei zu erkennen.

Schließlich kann der Geruchssinn alleine ohne die Mithilfe des optischen Sinnes den *Hylobius* zu Nahrungsquellen führen. Das zeigen die zahlreichen Rüsselkäfer, die sich an den zur Bekämpfung ausgelegten Fangrinden ansammeln. Diese besitzen ja nicht die Form einer Koniferenpflanze und sind häufig sogar mit Moos etwas abgedeckt, damit sie sich länger frisch erhalten, sind also für den Käfer mit dem Auge nicht wahrnehmbar. Trotzdem erfüllen sie ihren Zweck vollkommen.

3. Beim ersten Anbeißen kommen auch die Geschmacksorgane der Mundwerkzeuge mit den Pflanzensäften in Berührung und können diese auf ihren Gehalt an Zuckern oder an schädlichen Stoffen überprüfen.

4. Nach dem Angriff des Käfers beginnt auch die Abwehr auf Seiten der Pflanze. Auf Grund unserer Erfahrung, daß das Koniferenharz auf den Rüsselkäfer eine abschreckende Wirkung ausübt, können wir im Harzen der verletzten Pflanze einen Abwehrversuch erblicken. Der Harzaustritt geht nach MÜNCH (1921) bei der Kiefer auf folgende Weise vor sich: Das Harz ist im Holz in zahlreichen Gängen gespeichert, die vertikal im Stamm parallel den Tracheiden oder als Quergänge radial innerhalb der Markstrahlen verlaufen. Sie sind rings von Parenchym umgeben, welches innen eine interzellularenfreie Harzgangscheide bildet. Sekretionszellen kleiden das Innere des Harzganges, der durchschnittlich einen Durchmesser von 0,1 mm hat, aus und sondern durch ihre Innenmembranen den Balsam in den Kanal. Dies geschieht unter so hohem Druck, daß das ausgeschiedene Harz seine Bildungszellen bis zu einem Fünftel ihrer ursprünglichen Breite zusammenpreßt. Diese müssen dabei Wasser an das umgebende Parenchym abgeben. Hierdurch wird die Zuckerkonzentration in ihnen erhöht und damit ihr osmotischer Wert gewaltig gesteigert. MÜNCH schätzt ihn auf Grund seiner Untersuchungen auf 70 Atmosphären und mehr. Wenn sich zuletzt Sekretionsdruck und osmotischer Druck die Waage halten, wird die Harzabsonderung eingestellt. Wird nun durch eine Verletzung der Harzgang geöffnet, so wird der Balsam durch den osmotischen Druck der erneut Wasser aufnehmenden Sekretionszellen ausgepreßt. Hierbei müssen die hohen Reibungswiderstände im engen Lumen des Kanals überwunden werden, so daß der Harzaustritt nur sehr langsam vor sich geht. Andererseits stehen der Wasseraufnahme durch die Sekretionszellen auch die osmotischen Kräfte der umgebenden Parenchymzellen und noch mehr die Saugkräfte der diese umgebenden Tracheiden im Wege. Steigt nun infolge starker Sonneneinstrahlung die Transpiration der Nadeln in der Krone an und ist bei Trockenheit der Wassernachschub aus der Wurzel erschwert, so können die Saugkräfte in den Tracheiden so groß werden, daß dem Parenchym Wasser entzogen wird. Es kann dann vorkommen, daß die Harzgangschleidenzellen, die übrigens völlig abgestorben sind und kein Plasma enthalten, vollständig austrocknen. Ihr Lumen enthält dann nur noch Luft. Unter solchen Umständen stehen dem Wassernachschub zu den Sekretionszellen nur noch die Zellulosemembranen der Schleidenzellen zur Verfügung. Es ist ohne weiteres einleuchtend, daß dann die Wasseraufnahme sehr verlangsamt, wenn nicht gar unmöglich gemacht wird. In diesem Falle kann der Harzaustritt sehr verzögert werden.

Es leuchtet also ein, daß eine unter Trockenheit leidende Koniferenpflanze nicht so schnell wie eine intakte auf Verletzungen mit Harzausfluß reagieren kann. Man hat in verschiedenen Forstämtern wiederholt beobachtet, daß vornehmlich frisch gepflanzte Nadelhölzer vom Rüsselkäfer befallen werden, während die Naturverjüngung weitgehend verschont bleibt. Man kann vielleicht in dem durch Wassermangel verminderten

Harzdruck einen Faktor in der besonderen Befallsdisposition der gepflanzten Nadelhölzer sehen.

Die Befallsdisposition der Fichte gegen Borkenkäfer wird jedenfalls durch Wassermangel erheblich erhöht. MERKER konnte einen kartenmäßigen Zusammenhang zwischen Käferbefall und Standorten ungünstiger Wasserversorgung nachweisen (MERKER, 1949; MERKER & MÜLLER 1950; MERKER, 1952).

Da der austretende Balsam zahlreiche Reibungswiderstände zu überwinden hat, dauert es eine Weile, bis sich am geöffneten Harzgang ein Tropfen gebildet hat. Der Rüsselkäfer kann also eine Zeitlang fressen, ohne mit dem Harz in direkte Berührung zu kommen. Mit zunehmendem Harzaustritt wird er dann aber mehr und mehr beeinträchtigt werden. Vielleicht kommt der Plätzefraß des *Hylobius* so zustande, daß dieser, wenn ihm der Harzaustritt zu stark wird, an einer neuen Stelle zu fressen anfängt.

Nach dem Vorhergesagten müßten solche Nadelhölzer besonders gegen den Rüsselkäfer geschützt sein, deren Rinde (in Harzgallen) bereits größere Harzmengen enthält, wie etwa die Tanne und Douglasie. In der Tat werden diese beiden Holzarten weniger als andere von diesem Schädling befallen.

D. Zusammenfassung

1. Koniferenrinde und -bast müssen, da Preßsäfte daraus den Rüsselkäfer anlocken, Lockstoffe enthalten, die ihn zu seinen natürlichen Fraßpflanzen führen. Diese Lockstoffe, oder ein Teil von ihnen, sind in Äther löslich (S. 442).

2. Auch Fichtennadel-Preßsaft lockt, regt aber weniger zum Fraß an; die Käfer wechseln nach kurzem Fraß zum daneben gebotenen Fichtenbastsaft über, sei es, weil die Zucker in ihnen weniger günstig zusammengesetzt sind oder der Harzgehalt sie abstößt (S. 444).

3. Die Lockstärke der Rindenbastsäfte ist bei den einzelnen Holzarten verschieden groß. Kiefernbastsaft lockt die Rüsselkäfer 4mal so stark an wie Fichtenbastsaft; die übrigen Nadelhölzer sind sich in dieser Hinsicht ähnlicher. Die Reihenfolge in der Lockstärke dürfte etwa folgende sein: Kiefer, Fichte, Weißtanne, Douglasie, Lärche, *Tsuga heterophylla* (S. 445).

4. Auch die Bastpreßsäfte der Laubhölzer sowie die Preßsäfte mancher anderen Pflanzen — untersucht wurden nur Kohlrabi und Weintrauben — locken an, jedoch nur mit einem Bruchteil der Intensität wie die Nadelhölzer (S. 449).

5. Die Harze der Nadelhölzer, die für den Menschen den typischen Nadelholzgeruch verkörpern, locken den Rüsselkäfer, entgegen älterer Ansicht, nicht an, sondern stoßen ihn vielmehr ab (S. 450).

6. Es gibt mehrere chemisch einwandfrei definierte Stoffe, die den Rüsselkäfer anlocken. Von sechs untersuchten organischen Verbindungen erwiesen sich Formaldehyd, Azetaldehyd, Aceton, Essigsäure und Oxalsäure als Lockstoffe. Keine von ihnen erreicht aber die Lockstärke des Nadelholzbastsaftes oder der anderen von mir untersuchten Pflanzensäfte. Die Wirksamkeit des Formaldehyds läßt sich durch Vergrößerung der Konzentration nicht beliebig steigern, denn von einer bestimmten Konzentration an stößt er ab. Die anderen Stoffe wurden daraufhin noch nicht untersucht. Ameisensäure und Salzsäure locken in keiner Konzentration an (S. 452).

7. Der Rüsselkäfer kann Zuckerlösungen verschiedener Konzentration unterscheiden. Das kann nur durch den Besitz eines Geschmackssinnes erklärt werden (S. 454).

8. Der Rüsselkäfer kann Zuckerlösungen in weit geringerer Konzentration von Wasser unterscheiden, als er sie in seiner natürlichen Nahrung, den Nadelholzbastäften antrifft (S. 456).

9. Den höchsten molekularen Süßungsgrad hat der Rohrzucker. Fast ebenso groß ist der der Fructose. Es folgen die Di- und Monosaccharide Maltose, Glucose, Galactose, Mannose und Arabinose mit molekularen Süßungswerten zwischen $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{7}$. Xylose stört die Ermittlung des Süßungswertes durch eine Lockwirkung. Für die Lactose konnte kein Süßgeschmack nachgewiesen werden (s. S. 458).

10. Der künstliche Süßstoff Saccharin besitzt keinen Süßgeschmack für den Rüsselkäfer (S. 462).

11. Duftstoffe und Geschmacksstoffe wirken bei der Nahrungssuche und dem Fraß des Rüsselkäfers folgendermaßen zusammen: Die Duftstoffe locken ihn zur Duftquelle und lösen dort Fraßversuche aus, fungieren also als Lockstoffe sowie auch kurze Zeit als fraßanregende Stoffe.

Über die Intensität und die Dauer des Fraßes entscheiden die Geschmacksstoffe (S. 462).

E. Literaturverzeichnis

- BUDDENBROCK, W. v., Grundriß der vergleichenden Physiologie. 2. Aufl., Berlin, 1937.
 DETHIER, V., Chemical insect attractants and repellents. Philadelphia, 1949.
 EGER, H., Über den Geschmackssinn von Schmetterlingsraupen, **57**, Biol. Zbl., 293—308 1937.
 ESCHERICH, K., Die Forstinsekten Mitteleuropas, **2**, Berlin, 1923.
 FRISCH, K. v., Über den Geruchssinn der Bienen und seine blütenbiologische Bedeutung. Zool. Jb., **37**, Abt. allg. Zool., 1—238, 1919.
 —, Zur alten Frage nach dem Sitz des Geruchssinnes bei Insekten. Versuche an Bienen. Verh. zool.-bot. Ges. Wien, **69**, 17—26, 1919.
 —, Über den Geschmackssinn der Biene. Ztschr. vergl. Physiol., **21**, 1—156, 1935.
 FLÜGGE, C., Geruchliche Raumorientierung von *Drosophila melanogaster*. Ztschr. vgl. Physiol., **20**, 343—354, 1934.
 HIERFOLZER, O., Ein Beitrag zur Frage der Orientierung von *Ips curvidens* Germ. Ztschr. Tierpsychol., **7**, 588—620, 1950.
 HUNDERTMARK, A., Helligkeits- und Farbunterscheidungsvermögen der Eiraupen der Nonne *Lymantria monacha* L. Ztschr. vergl. Physiol., **24**, 42—57, 1937.
 —, Das Formenunterscheidungsvermögen der Eiraupen der Nonne *Lymantria monacha* L. Ztschr. vergl. Physiol., **24**, 563—582, 1937.
 MEIER, R., Über den Lockstoff des Kartoffelkäfers. Diss. Freiburg, 1948.
 MERKER, E., BRAUER, J., u. ZINECKER, E., Die Massenvermehrung der Fichtenborkenkäfer und die vom Bodenzustand beeinträchtigte Waldgesundheit. Ztschr. Desinf. Schädlingsbek., B. H. 11, 1948.
 MERKER, E., Fortschritte der Schädlingsbekämpfung im Wäld. Allg. Forst- u. Jagdztg., 1950.
 MERKER, E. & MÜLLER, H., Die Abhängigkeit des Fraßes der Fichtenborkenkäfer vom Bodenklima. Allg. Forst- u. Jagdztg., 1951.
 MERKER, E., Das Wetter der Jahre 1939 bis 1950 und sein Einfluß auf die Massenvermehrung des großen Fichtenborkenkäfers in Südbaden. Allg. Forst- u. Jagdztg., 1952.
 —, Lockstoffe und Nährstoffe in Wirtspflanzen einiger Waldschädlinge. Allg. Forst- u. Jagdztg., **124**, 138—145, 1953.
 MINNICH, D., The chemical sensitivity of the legs of the blow-fly *Calliphora vomitoria*. Ztschr. vgl. Physiol., **11**, 1—55, 1930.
 MÜNCH, E., Naturwissenschaftliche Grundlagen der Kiefernharznutzung. Arb. Biol. Reichsanst., **10**, 1—40, 1921.

- VERSCHAFFELT, E., The cause determining the selection of food in some herbivorous insects. Proc. Acad. Sci. Amsterdam, Sci. sec., **13**, 536—542, 1910.
- WALTER, H., Die Hydratur der Pflanze. Jena, 1931.
- , Die Grundlagen des Pflanzenlebens, 1946.
- WARNKE, G., Experimentelle Untersuchungen über den Geruchssinn von *Geotrupes silvaticus* Panz. und *Geotrupes vernalis* Lin. Ztschr. vgl. Physiol., **14**, 121—199, 1931.

Über die Brutfürsorge einiger an Kulturweiden lebender triebstechender Rüsselkäfer (*Curculionidae*) und ihre phytopathologische Bedeutung

VON HELENE FRANCKE-GROSMANN

Bundesanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Reinbek, Bez. Hamburg

(Mit 4 Textfiguren)

Korbweidenanlagen sind biologisch dadurch ausgezeichnet, daß — als Folge des jährlichen Rutenschnittes —, an den Mutterstöcken im Frühjahr regelmäßig eine größere Anzahl starker Triebe erscheinen und daß diese erst im Spätherbst ihr Längenwachstum einstellen. Vom April bis in den Oktober hinein sind also in Korbweidenanlagen junge, zarte, wachsende Triebspitzen vorhanden. Es ist daher ganz natürlich, daß sich in den Korbweiden-Monokulturen eine Anzahl von Nutznießern aus dem Tierreich anfinden, denen die Triebspitzen der Weidenruten mit ihren weichen, noch ungefestigten Geweben Nahrung und Brutmöglichkeiten geben.

Auch unter den triebstechenden Rüsselkäfern gibt es einige Arten, welche an den Weidenruten Nahrung und Brutgelegenheiten finden. Einige von diesen, wie *Merhynchites tomentosus* Gyll. (LUDWIGS & SCHMIDT, 1925) und *Merhynchites nanus* Payk. (GÄBLER, 1938) haben sich schon früher, *Merhynchites longiceps* Thoms. und *M. germanicus* Hbst. erst in neuerer Zeit (FRANCKE-GROSMANN, 1952) als Korbweidenschädlinge bemerkbar gemacht. Ihr Fraß, insbesondere ihr Brutfraß an der Triebspitze der Ruten, bewirkt den Verlust des Vegetationspunktes und veranlaßt die Rute zur Bildung von Ersatztrieben aus den schlafenden Knospen der Blattwinkel, was ihren wirtschaftlichen Wert mindert.

Die Erkenntnis, daß triebstechende Rüsselkäfer in Korbweidenanlagen unter Umständen beträchtlichen Schaden anrichten können, gab Anlaß, die an Kulturweiden vorkommenden Kleinrüsselkäfer einer näheren Beobachtung zu unterziehen und ihre Lebensgewohnheiten zu untersuchen.

In Korbweidenanlagen in Reinbek (Bez. Hamburg) und Wachendorf (Bez. Bremen) konnten die folgenden Kleinrüsselkäfer aufgefunden werden:

- Balanobius salicivorus* Payk.,
Balanobius crux Fabr. (*Calandrinae*, *Balanini*);
Rhynchaenus (Tachyerges) stigma Germ.,