

Institut für Forstwissenschaften
 der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin
 (Bereich Rohholzforschung und Holzschutz)
 Eberswalde

GÜNTER SCHULTZE-DEWITZ

Abhängigkeit des Versuchsergebnisses bei der Termitenprüfung von der Prüfdauer¹

(Isoptera)

(Mit 3 Textfiguren)

Vor einiger Zeit führte der Verfasser einige Untersuchungen über die Abhängigkeit des Versuchsergebnisses bei der Termitenprüfung von der Größe der Prüfgemeinschaft durch (1962a²). In dieser Arbeit erfolgte auch eine kritische Gegenüberstellung von Fraßwahl und Fraßzwangsversuchen sowie von Laboratoriums- und Freilandversuchen, so daß hierauf nicht näher eingegangen zu werden braucht. Eine Zusammenstellung von Veröffentlichungen auf dem Gebiet des Termitenprüfwesens, die den Anspruch erheben darf, nahezu vollständig zu sein, gab kürzlich BECKER (1962a). Hier werden u. a. Angaben über die Größe und Zusammensetzung der Tiergruppen gemacht, und der genannte Verfasser betont die Abhängigkeit der Größe der Prüfgemeinschaft sowohl von der Termitenart als auch von ihrer Lebensweise.

Auf der Suche nach geeigneten Versuchszeiten beteiligten sich praktisch alle Termiten- und Holzforscher wie BECKER (1942, 1961), COUDREAU, FOUGEROUSSE et al. (1960), GAY et al. (1955), GÖSSWALD (1942, 1955, 1959), HERFS (1950), HRDÝ (1961), KOFOID und BOWE (1934) und LUND (1957, 1958).

Einheitliche Versuchszeiten anzuwenden, ist nur dann sinnvoll, wenn verschiedene Forscher eine ähnliche Thematik verfolgen, was auch von BECKER (1962a) betont wird. Bei dem oftmals sehr heterogenen und für tropische Gebiete bestimmten Material, das die Hersteller auf Widerstandsfähigkeit gegenüber Termitenfraß geprüft haben wollen, liegt es in der Hand des Bearbeiters, die Größe der Prüfgemeinschaft und die Prüfdauer rein empirisch festzulegen. Die Verwendung einer geringen Individuenzahl als Termitenprüfgemeinschaft ist, wie es einleuchten wird, lediglich aus der Überlegung heraus entstanden, die Reproduktionskraft der Stammkolonien, aus denen die Prüftiere entnommen werden, nicht zu erschöpfen. Hinzu kommt der heute in allen Zweigen unserer Volkswirtschaft betonte Faktor Zeit, und es gilt, einen als ausreichend erscheinenden, dem Prüfkörper entsprechenden und qualitativ guten Test zu erarbeiten.

Bei der Gegenüberstellung der verschiedenen Versuchszeiten ist es aus der Sicht des Verfassers nur sinnvoll, ökologisch ähnliche Termitenarten zu berücksichtigen.

¹ Dem V. Kongreß der Union Internationale pour l'Étude des Insectes Sociaux, Juli 1964 in Toulouse, gewidmet.

² Vortrag, gehalten auf dem IV. Kongreß der Union Internationale pour l'Étude des Insectes Sociaux, 1961 in Pavia. Der Verfasser dankt Fr. E. MALCHOW für ihre Unterstützung bei der Durchführung der Laborversuche.

In diesem Sinne sollen lediglich erdbewohnende Termiten verstanden werden. Die Verwendung kurzer bis sehr kurzer Versuchszeiten haben HERFS (1950) und HRDÝ (1961 a, 1961 b) mit 3 bzw. 7 und 10 Tagen in Erwägung gezogen. Mit einer Prüfdauer von 25 und 40 Tagen arbeiten LUND (1957, 1958), mit 30 Tagen BECKER (1961) und HRDÝ (1961 a, 1961 b), mit 42 Tagen BECKER (1961) und GAY et al. (1955) und mit 56 Tagen COUDREAU, FOUGEROUSSE et al. (1960). Der Verfasser benutzte bislang nur eine Versuchszeit, nämlich die von 4 Wochen (28 Tage), dies für *Kaloterme flavicollis* FABRICIUS (1958), *Reticulitermes lucifugus* ROSSI (1958, 1960 a, 1960 b, 1961 a, 1961 b, 1962 a) und *Reticulitermes flavipes* KOLLAR (1961 a). Diese Prüfdauer wurde auch von ARNDT (1962; siehe auch BAVENDAMM, 1963 und BAVENDAMM & ARNDT, 1964) übernommen.

Für die Untersuchungen, über deren Ergebnisse hier berichtet werden soll, diente Splint- und Kernholz der Kiefer (*Pinus silvestris*) und der in der Eberswalder Umgegend erwachsenen Douglasie (*Pseudotsuga taxifolia*) als Versuchsmaterial. Beide Holzarten waren 8 Jahre abgelagert. Die Douglasie ist in ihrem natürlichen Widerstandsverhalten gegenüber *Reticulitermes lucifugus* ROSSI insofern interessant, weil im frischen Zustand der Splint resistenter als der Kern ist (SCHULTZE-DEWITZ, 1957, 1960 a; COUDREAU, FOUGEROUSSE et al., 1960). Bei einem Wahlversuch mit mehreren Tausend *Reticulitermes lucifugus* var. *santonensis* DE FEY-TEAUD wurde ebenfalls das Kernholz dem Splintholz vorgezogen (bisher unveröffentlicht). Derartige Resistenzunterschiede gegenüber Basidiomyceten bestehen nicht (GÖHRE, 1958). Die in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet aufgewachsene Douglasie, unter der Handelsbezeichnung „Oregon Pine“ bekannt, zeigt diese Erscheinung nicht (SCHULTZE-DEWITZ, 1960 a). Über Resistenzunterschiede anderer Holzarten aus verschiedenen Anbaugebieten sowohl gegenüber Termiten (SCHULTZE-DEWITZ, 1961 b; SNYDER — Diskussionsbeitrag bei SCHULTZE-DEWITZ, 1962 a) als auch gegenüber Basidiomyceten (SCHULTZE-DEWITZ, 1962 b) wurde bereits berichtet. Es lag nahe, nachzuprüfen, ob dieses ungewohnt erscheinende, verschiedenartige Widerstandsverhalten des Douglasienholzes auch noch nach Jahren auftritt. Die Kernholzprüfkörper beider Nadelholzarten entstammen aus den splintnahen Kernpartien. Das Probenmaterial wurde in den vom Verfasser bereits seit Jahren verwendeten Abmessungen von 3 cm × 3 cm × 1 cm mit auf der größten (Radial-)Fläche stehenden Jahrringen ausgeformt, wobei für jede Prüfdauer und Holzart 5 Parallelprüfungen durchgeführt worden sind. Die Wertestreuungen bei den Ergebnissen veranlaßten seinerzeit BECKER (1961) zu diesem Vorschlag, der vom Verfasser aufgegriffen wurde. Die Prüfkörper der beiden Holzarten hatten folgende Rohdichten (s. Tabelle 1, S. 129):

Die Prüfungen erfolgten in 8 cm hohen Glasschalen von 12 cm Durchmesser, die mit einem eingeschliffenen Deckel abgeschlossen waren, wobei der mittig gelagerte Prüfkörper bis zu seiner oberen Fläche mit gesiebter und angefeuchteter Gartenerde umschüttet wurde. Bei nahezu konstanter Temperatur von 26 °C wurden die Schalen aufbewahrt und täglich geöffnet, um für genügende Frischluftzufuhr zu sorgen. Die für die Erdtermiten nötige Luftfeuchtigkeit von 95% war durch von Zeit zu Zeit erfolgende Wasserzugabe zur Gartenerde gewährleistet.

Tabelle 1
Rohdichten der Versuchshölzer (je 20 Proben)

| Holzart | | geringste | mittlere | höchste |
|------------------------|--------|-----------|----------|---------|
| | | | | |
| Kiefer | Kern | 0,523 | 0,556 | 0,585 |
| | Splint | 0,402 | 0,413 | 0,430 |
| Douglasie ³ | Kern | 0,429 | 0,447 | 0,467 |
| | Splint | 0,488 | 0,542 | 0,595 |
| Douglasie ⁴ | Kern | 0,430 | 0,487 | 0,624 |
| | Splint | 0,513 | 0,547 | 0,584 |

Alle Prüfkörper waren dem Angriff von 200 Arbeitern ausgesetzt, denen einige Soldaten beigegeben wurden. Die Versuchstiere stammten alle aus einer Kolonie, und die Prüfungen waren alle zum gleichen Zeitpunkt begonnen worden.

Die Fig. 1 und 2 zeigen die relativen Gewichtsverluste der Holzarten Kiefer und Douglasie, getrennt nach Kern- und Splintholz und darüber die entsprechenden Sterblichkeitswerte. Die Angabe des absoluten Gewichtsverlustes (ausgedrückt in mg bzw. in g Verlust an Holzgewicht), wie sie durch BECKER (1961, 1962 b) und BAVENDAMM (1963) erfolgte, sagt über das ursprüngliche Ausgangsgewicht nichts aus, was bei relativen Gewichtsverlustwerten (ausgedrückt in Prozent) annähernd geschätzt werden kann. Die Kurven für den weniger widerstandsfähigen Splint der Kiefer und für den gleichsinnigen Kern der Douglasie haben einen nahezu linearen Verlauf, während die Douglasiensplintkurve bereits nach 14 Tagen und die Kiefernkernekurve nach 28 Tagen ihren Anstieg senken. Beim Versuch mit Erdtermiten besteht der Nachteil, daß die Sterblichkeit der Versuchstiere nicht laufend kontrolliert werden kann. Es gibt für die Sterblichkeit zwei Möglichkeiten: a) sie ist gleich zu Beginn des Versuches hoch, weil die Tiere beim Auszählen Schaden nahmen; b) sie tritt erst bei stärkerem Fraß auf, wenn gewisse akzessorische Bestandteile des Holzes beginnen, auf die Tiere schädigend zu wirken. Schon aus diesem Grunde kann man den durch Fraß auftretenden Substanzverlust nicht in eine Beziehung zur Sterblichkeit setzen. Beim Vergleich der Sterblichkeitskurven mit denen der Gewichtsverluste ergeben sich keineswegs eindeutige Beziehungen. Der geringe Wert der Sterblichkeit bei Kiefer-Kern, 56tägige Prüfdauer, muß als zufällig betrachtet werden, obgleich er, wie die anderen Werte, aus 5 Einzelversuchen gemittelt wurde.

Dem echten holzzerstörenden Pilz *Coniophora cerebella* (PERS.) DUBY, der gegenüber Nadelhölzern sehr angriffsfreudig ist, wurden Douglasien-Splint- und Kernproben 1 Monat lang ausgesetzt, da angenommen wurde, daß diejenigen akzessorischen Bestandteile des Holzes, die termitenwidrig sind, z. T. bereits durch den Pilz detoxifiziert werden. Einem längeren Pilzangriff wurde nicht stattgegeben, da sonst der enzymatische Abbau der Zellulose zu stark fortgeschritten wäre und die zellulosespaltenden Flagellaten im Termitendarm evtl. zu wenig Nahrung vor-

³ Für Versuche an gesundem Holz.

⁴ Für Versuche an mit *Coniophora cerebella* verpilztem Holz.

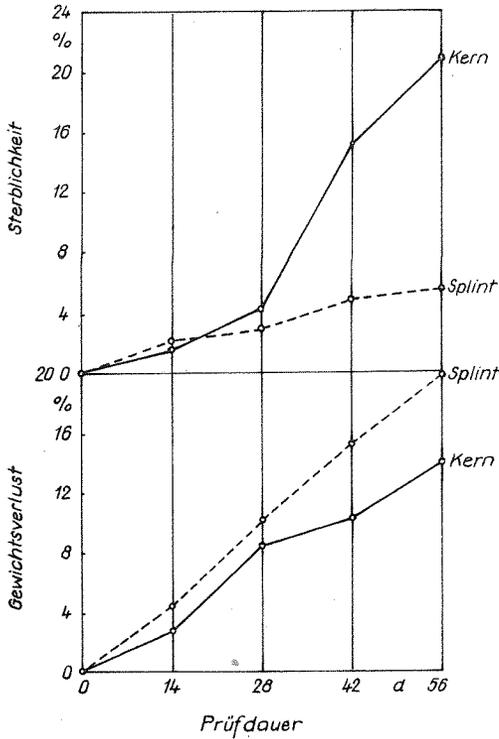


Fig. 1. Gewichtsverlust und Sterblichkeit in Abhängigkeit von der Prüfdauer bei Kiefernholz

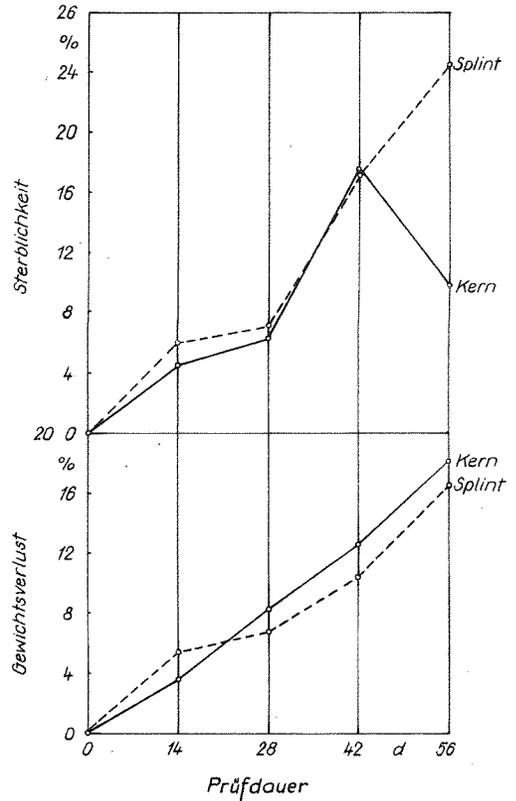


Fig. 2. Gewichtsverlust und Sterblichkeit in Abhängigkeit von der Prüfdauer bei Douglasienholz

gefunden hätten. Ferner wurde vermutet, daß sich die Unterschiede in der Resistenz gegenüber Termiten, wie sie zwischen Kern und Splint herrschen, verwischen. Die Fig. 3 läßt den durch Termitenfraß bewirkten Gewichtsverlust und die entsprechende Sterblichkeit erkennen. Bei der Darstellung wurde vom bereits durch *Coniophora cerebella*-Abbau erfolgten Gewichtsverlust ausgegangen, der als Mittelwert aus 20 Einzelproben mit der entsprechenden Variationsbreite angegeben ist. Dem Anschein nach unterscheiden sich hier Splint und Kern der Douglasie hinsichtlich ihres Widerstandsverhaltens gegenüber Termitenfraß nicht mehr. Beim Vergleich mit der Fig. 2 kann festgestellt werden, daß verpilztes Holz stärker als unverpilztes gefressen wurde. Die durchschnittliche Sterblichkeit ist bis auf den einen hohen Wert bei Douglasienkern mit 14tägiger Prüfzeit, für den keine Erklärung gegeben werden kann, etwas geringer als bei Fraß an unverpilztem Holz. Für den stärkeren Fraß an verpilztem Holz dürfte offensichtlich die in einem bereits stärker aufgeschlossenen Stadium vorliegende Zellulose verantwortlich zu machen sein. Die Inhaltsstoffe, von denen bekannt ist, daß sie eine sehr unter-

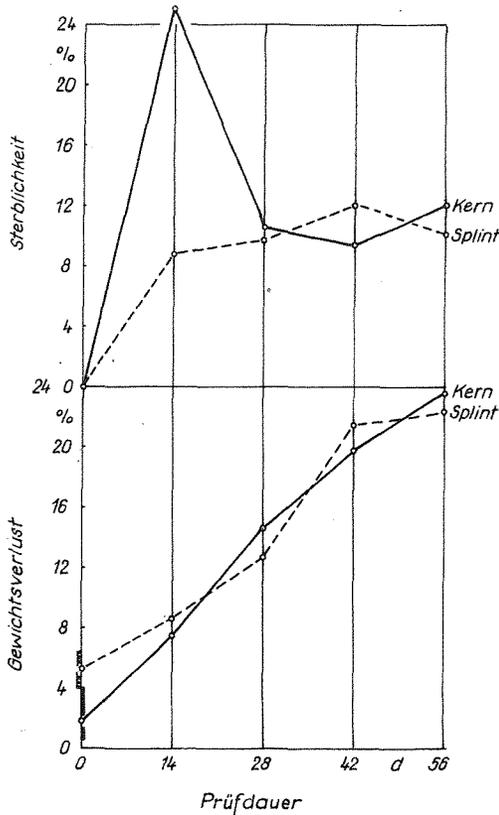


Fig. 3. Gewichtsverlust und Sterblichkeit in Abhängigkeit von der Prüfdauer bei von *Coniophora cerebella* angegriffenem Douglasienholz

schiedliche Verteilung über den Stammquerschnitt besitzen (ERDTMAN, 1953; SANDERMANN & DIETRICH, 1959; BECKER, 1962 b), sind vermutlich bereits verändert, so daß ihre termitizide Wirksamkeit erlischt und damit Splint- und Kernholz gleichstark angegriffen werden. Die Möglichkeit, daß für die höhere Resistenz des Douglasiensplintes lediglich seine höhere Rohdichte verantwortlich ist, wird als nicht ausgeschlossen bezeichnet.

Das Versuchsergebnis mit einer Prüfgemeinschaft von 200 Arbeitern ist verständlicherweise nach 8 Wochen offenkundiger und klarer als nach 4 Wochen. Jedoch kann bereits nach einer vierwöchigen Prüfung ein deutliches Ergebnis erwartet werden. Es ist Auffassungssache, den kurzzeitigen Versuchen HRDÝS (1961), wo die Fluchtreaktion der Tiere, die zwar ohne Erdreich, jedoch unter hoher relativer Luftfeuchtigkeit gehalten werden, als Kriterium dient, zuzustimmen oder sie abzulehnen. Die Versuchsanordnung von HRDÝS stellt eine Modifikation der von BECKER für die Prüfung mit *Kaloterмес flavicollis* FABRICIUS entwickelten Glasringmethode dar. Der Verfasser arbeitete anfänglich (1956) in Münchener Hygrostaten (ZWÖLFER-Schalen) mit *Reticulitermes lucifugus* ROSSI

ohne Erdreich, entschloß sich aber bald für eine Prüfung mit dieser Termitenart nur unter Verwendung von Erdreich, da dieses den Lebensgewohnheiten der Gattung *Reticulitermes* entspricht. Schon aus diesem Grunde werden hinsichtlich der Prüfmethode von HRDÝ gewisse Bedenken angemeldet. Sie erheben sich nicht gegen die kurze Versuchszeit allein, denn diese dürfte für den speziellen Fall ausreichend sein. Die Prüfdauer von 8 Wochen im Laboratoriumsversuch, wie sie COUDREAU, FOUGEROUSSE et al. (1960) anwenden, wird für etwas zu lang gehalten. Der Verfasser ist der Ansicht, daß bei der Prüfung von bisher unbekanntem Hölzern bzw. von Holzschutzmitteln ein vier- bis sechswöchiger Test ausreichen dürfte, dies bei einer Prüfgemeinschaft von 200 Arbeitern. Nach SEN-SARMA (1963) wird eine Prüfdauer von 21 bis 30 Tagen im allgemeinen als genügend angesehen. Im Falle des Zweifels an positiv ausgefallenen Ergebnissen aus Resistenzuntersuchungen könnte in der gleichen Zeiteinheit mit einer größeren Prüfgemeinschaft gearbeitet werden, denn es wird aus den früheren (1962a) und aus den vorliegenden Untersuchungen geschlossen, daß die Prüfdauer das Versuchsergebnis nicht so stark beeinflußt wie die Prüfgemeinschaft.

Zusammenfassung

An Splint- und Kernholz der Holzarten Kiefer (*Pinus silvestris*) und Douglasie (*Pseudotsuga taxifolia*) wurden Prüfungen mit 200 Arbeitern der Erdtermiten *Reticulitermes lucifugus* Rossi in vier verschiedenen Versuchszeiten durchgeführt. Es zeigte sich, daß ungeachtet der am meisten eindeutigen Ergebnisse nach 8 Wochen Prüfdauer eine vier- bis sechswöchige Prüfzeit genügt, um hinreichende Ergebnisse bei der Prüfung von Rohholz, Holzwerkstoffen und anderen Materialien zu erhalten. Die Prüfung von Holzschutzmitteln kann sich an dieses Verfahren anlehnen. Es wurde u. a. festgestellt, daß das Splintholz der Douglasie im Rohzustand auch nach einer achtjährigen Liegezeit resistenter als das Kernholz war. Dieser Unterschied scheint nach einem Monat Einwirkung des holzerstörenden Pilzes *Coniophora cerebella* (PERS.) DUBY auf das Holz nicht mehr vorhanden zu sein, was sich bei der anschließenden Termitenprüfung ergab. Die Prüfgemeinschaft beeinflußt das Ergebnis der Termitenprüfung stärker als die Prüfdauer.

Summary

Tests were made with sapwood and heartwood of Scots pine (*Pinus silvestris*) and Douglas fir (*Pseudotsuga taxifolia*) during four different test periods, using 200 workers of the subterranean termite *Reticulitermes lucifugus* Rossi. The most conclusive results were gained after 8 weeks, but it appeared that the results of a test period of 4 or 6 weeks were quite sufficient for tests of wood, wood products and other materials. For tests of wood preservatives the same method can be used. Apart from other results, the test showed that untreated sapwood of Douglas fir was more resistant even after 8 years of storage than heartwood was at the beginning. This difference seems to disappear after one month of attack by the wood-destroying fungus *Coniophora cerebella* (PERS.) DUBY, as evidenced by the subsequent termite test. The influence of the test arrangement on the result is greater than that of the duration of the test.

Резюме

На заболони и ядровой древесине сосны (*Pinus silvestris*) и дугласовой пихты (*Pseudotsuga taxifolia*) проводились испытания с 200 рабочими термитами *Reticulitermes lucifugus* Rossi в четыре разных срока. Выяснилось, что несмотря на обычно одинаковые результаты после восьминедельной проверки, 4—6 недельного срока достаточно, чтобы получить достаточно точные результаты

проверки необработанного лесного материала, древесного материала и других материалов. Проверка средств защиты древесины может проводится подобно этому методу. Было между прочим установлено, что заболонь дугласовой пихты в состоянии покоя даже после восьмилетнего срока хранения была устойчивее, чем ядровая древесина. Как видно, через месяц после воздействия на древесину разрушающего ее гриба *Coniophora cerebella* (PERS.) DUBY этого различия уже нет, что нашло подтверждение при последующей термитной проверке. Сообщество, используемое для проверки, сильнее влияет на результат термитной проверки, чем продолжительность проверки.

Literatur

- ARNDT, U., Untersuchungen über die Dauer der natürlichen Resistenz von Überseehölzern. Unveröffentl. Dipl.-Arb. Hamburg-Reinbek; 1962.
- BAVENDAMM, W., Über die Wirksamkeitsdauer der die natürliche Resistenz der Hölzer hervorruhenden Kernstoffe. Holz als Roh- u. Werkst., **21**, 441–446; 1963.
- BAVENDAMM, W. & ARNDT, U., Untersuchungen zur Veränderlichkeit der natürlichen Resistenz von sechs Überseehölzern. Holzforsch., **18**, 38–47; 1964.
- BECKER, G., Der Einfluß verschiedener Versuchsbedingungen bei der „Termitenprüfung“ von Holzschutzmitteln unter Verwendung von *Calotermes flavicollis* FABR. als Versuchstier. Wiss. Abh. Dtsch. Materialprüfungsanst., F. 2 (3), 55–66; 1942.
- , Beiträge zur Prüfung und Beurteilung der natürlichen Dauerhaftigkeit von Holz gegen Termiten. Holz als Roh- u. Werkst., **19**, 278–290; 1961.
- , Allgemeines über die Laboratoriumsprüfung der Beständigkeit von Werkstoffen und der Wirksamkeit von Schutzmitteln gegen Termiten. Materialprüf., **4**, 215–222; 1962a.
- , Zur Laboratoriumsprüfung der natürlichen Dauerhaftigkeit von Holzarten gegen Termiten. Atti IV Congresso U.I.E.I.S., Pavia, p. 132–145; 1962.
- COUDREAU, J., FOUGEROUSSE, M., BRESSY, O. & LUCAS, S., Recherches en vue de déterminer une nouvelle méthode destinée à apprécier la résistance d'un bois aux destructions causées par les termites (*Reticulitermes lucifugus* ROSSI). Holzforsch., **14**, 40–51; 1960.
- ERDTMAN, H., Über einige Inhaltsstoffe des Kernholzes der Coniferenordnung Pinales. Ihre taxonomische, physiologische und biochemische Bedeutung. Holz als Roh- u. Werkst., **11**, 245–251; 1953.
- GAY, F. J., GREAVES, T., HOLDAWAY, F. G. & WETHERLY, A. H., Standard laboratory colonies of termites for evaluating the resistance of timber, timber preservatives, and other materials to termite attack. Bull. C.S.I.R.O., Melbourne, No. 277, 60 pp.; 1955.
- GÖHRE, K., Die Douglasie und ihr Holz. Berlin, XIII & 595 pp.; 1958.
- GÖSSWALD, K., Methoden der Untersuchung von Termitenbekämpfungsmitteln. A. Prüfung von Materialien auf Termitenfestigkeit. Kolonialforstl. Mitt., **5**, 343–377; 1942.
- , Die Gelbhalstermiten (*Calotermes flavicollis* FABR.) als Versuchstier. In: Die Termiten, ihre Erkennungsmerkmale und wirtschaftliche Bedeutung. (Hrsg. von H. SCHMIDT). Leipzig, p. 165–192; 1955.
- GÖSSWALD, K. & KLOFT, W., Zur Laboratoriumsprüfung von Textilien auf Termitenfestigkeit mit *Calotermes flavicollis* FABR. Ent. exp. et appl., **2**, 268–278; 1959.
- HEFFS, A., Die Termitenstation der Farbenfabriken BAYER in Leverkusen. 47 pp.; 1950.
- HRDÝ, I., A quick laboratory method of determining the termite resistance of materials (Isoptera). Beitr. Ent., **11**, 546–556; 1961 a.
- , Zur Frage der natürlichen Dauerhaftigkeit einiger Hölzer aus China gegen Termiten (Isoptera). Beitr. Ent., **11**, 557–565; 1961 b.
- KOFOID, C. A. & BOWE, E. E., A standard biological method of testing the termite resistivity of cellulose-containing materials. I. Biological tests of untreated and treated woods. In: Termites and termite control. (Ed. KOFOID). Berkeley & London, p. 517–545; 1934.

- LUND, A. E., An accelerated wood-preservative termite study. For. Prod. Journ., 7, 363–367; 1957.
- , The relationship of subterranean termite attack to varying retentions of water-borne preservatives. Proc. Amer. Wood Preserv. Ass., 54, 44–53; 1958.
- SANDERMANN, W. & DIETRICH, H.-H., Chemische Untersuchungen an Teakholz. Holzforsch., 13, 137–148; 1959.
- SCHULTZE-DEWITZ, G., Tropenfestigkeitsuntersuchungen mit der Erdtermiten *Reticulitermes lucifugus* ROSSI als Versuchstier. Holzind., 9, 329–330; 1956.
- , Verschiedenartige Termitenangriffe an Pappel- und Douglasienholz. Arch. Forstwes., 6, 933–941; 1957.
- , Vergleichende Untersuchungen der natürlichen Fraßresistenz einiger einheimischer Kernholzarten unter Verwendung von *Calotermes flavicollis* FABR. und *Reticulitermes lucifugus* ROSSI als Versuchstiere. Holz als Roh- u. Werkst., 16, 248–251; 1958.
- , Vergleichende Untersuchungen der natürlichen Fraßresistenz einiger fremdländischer Kernholzarten unter Verwendung von *Reticulitermes lucifugus* ROSSI als Versuchstier. Holzforsch. u. Holzverwert., 12, 64–68; 1960 a.
- , Termitenresistenzprüfung von sieben Exotenhölzern. Holz-Zbl., 86, 1379; 1960 b.
- , Untersuchungen über Unterschiede in der Fraßleistung bei *Reticulitermes lucifugus* ROSSI und *Reticulitermes flavipes* KOLLAR. (Ein Beitrag zur Bewertung der Bodentermiten als Prüftier) Holzforsch. u. Holzverwert., 13, 29–31; 1961 a.
- , Weitere Termitenresistenzprüfungen von Exotenhölzern. Holz-Zbl., 87, 1087–1088; 1961 b.
- , Abhängigkeit des Versuchsergebnisses bei der Termitenprüfung von der Größe der Prüfgemeinschaft. Atti IV Congresso U.I.E.I.S., Pavia, p. 24–31; 1962 a.
- , Vergleichende Untersuchungen über die Fäulnisresistenz von innerhalb und außerhalb ihrer natürlichen Verbreitungsgebiete erwachsenen Holzarten. Drevarsky Vyskum, 7, 293–305; 1962 b.
- SEN-SARMA, P. K., Methods of testing termite resistance of materials in European laboratories. Journ. Soc. Indian Foresters, 3, 57–65; 1963.