

DIE WALDRACHTKRANKHEIT DER HONIGBIENE

I. DER EINFLUß DES MINERALSTOFFGEHALTES IN HONIGTAUHONIGEN

Helmut HORN

*Landesanstalt für Bienenkunde der Universität Hohenheim
August von Hartmannstraße 13, D - 7000 Stuttgart 70*

ZUSAMMENFASSUNG

Bienen- und Honigproben aus waldtrachtkranken Völkern zeigen gegenüber Proben aus gesunden Völkern erhöhte Gehalte an Kalium und P_2O_5 , bei gleichen N- und verringerten Ca- und Na-Werten. Bei der Verfütterung einer mineralisierten Zuckerwasserlösung mit einer dem Honigtauhonig vergleichbaren Konzentration an Kalium konnten unter kontrollierten Bedingungen im Flugzelt keine Symptome der Waldtrachtkrankheit an weiselrichtigen Bienenvölkern ausgelöst werden.

EINLEITUNG

Bei Nutzung einer Honigtautracht (insbesondere Weißtannentracht) durch Bienenvölker kann es zum Auftreten von Krankheitssymptomen kommen, die als Waldtrachtkrankheit oder Schwarzsucht bezeichnet werden. Typisch für erkrankte Bienenstände sind dicht mit Bienen besetzte Anflugbretter trotz reicher Tracht. Neben haarlosen, schwarz glänzenden Bienen sieht man oft auch normal behaarte Bienen mit eigentümlichem Verhalten, die von gesund aussehenden Bienen vom Flugloch abgedrängt werden. Die Krankheitssymptome können derart massiv auftreten, daß die Völker innerhalb kürzester Zeit zusammenbrechen. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß der für diese Krankheit gebräuchliche Name Schwarzsucht eher Anlaß zu großer Verwirrung gibt, da die Waldtrachtkrankheit offensichtlich nur eine Form der Schwarzsucht darstellt. Es ist inzwischen bekannt, daß es noch eine Vielzahl anderer Ursachen gibt, in deren Verlauf schwarze Bienen auftreten können. Schwarzsucht kann erblich bedingt sein (DREHER, 1940 ; DRESCHER, 1960), kann als Ursache von Haltungsfehlern auftreten (MASSHARD,

1947; SCHNEIDER, 1951) und als Folge von Pflanzenschutzmittel-, Zucker- und Mineralstoffvergiftungen (BRÖKER, 1961, 1964) beobachtet werden. Auch Virusinfektionen (BAILEY, 1965) und Mikroorganismen (WILLE und PINTER, 1961; OTTE, 1966; BRETSCHKO, 1966), sowie mit dem Honigtau aufgenommene Pilze (FIELITZ, 1926; POLTEV und NECHATEVA, 1969) vermögen Symptome der Schwarzsucht bei gesunden Bienen zu induzieren. Eine neue Perspektive bezüglich der Ätiologie der Waldtrachtkrankheit brachten Arbeiten aus nordosteuropäischen Ländern (TEMNOV, 1963; POLTEV, 1956; JEZEK, 1963; CERMAK, 1964), die den hohen Mineralstoffgehalt in Honigtauhonigen mit dem Auftreten der Krankheitssymptome in Verbindung bringen.

Da die Waldtrachtkrankheit nur nach Beflug einer Honigtautracht auftritt, liegt der Verdacht nahe, daß diese Krankheitsform eine Art von Futtertoxikose darstellt, deren Ursachen in einer unphysiologischen Mineralstoffverschiebung in der Biene durch das aufgenommene Nahrungsgut zu suchen sind. Der Zweck der vorliegenden Arbeit lag deshalb darin, die Mineral- und Stickstoffveränderungen von Bienen, die aus der Blüten- in die Waldtracht gewandert wurden, zu untersuchen, um einen Einfluß der einseitigen Ernährung bezüglich der Krankheitsanfälligkeit gegenüber der Waldtrachtkrankheit nachzuweisen. Gleichzeitig wurden Blüten- und Honigtauhonige auf ihre Mineralstoffzusammensetzung analysiert. Um die Hypothese der « Futtertoxikose » zu prüfen, wurden in Zeltversuchen kleinere Bienenvölker in Brut mit Honigtauhonig, mineralisiertem Zuckerwasser und zur Kontrolle mit reinem Zuckerwasser gefüttert.

MATERIAL UND METHODEN

In den Jahren 1980 und 1981 wurden an verschiedenen Standorten im Nordschwarzwald vergleichbare Bienenvölker (mit gleicher Volksstärke, gleichem Alter der Königin, gleicher vorausgegangener Trachtnutzung u.s.w.) in die Weißtannentracht gewandert. Aus jedem dieser Völker wurden in wöchentlichen Abständen Bienenproben entnommen, die nach einer 12-stündigen Hungerphase im Labor abgetötet und nach 5 Tagen Trocknung im Wärmeschrank bei 90 °C, nach Abdomen bzw. Caput und Thorax getrennt, bezüglich ihres Gehaltes an Kalium, Natrium, Calcium, Phosphor und Stickstoff analysiert wurden. Zusätzlich wurden Honigproben aus verdeckelten Waben entnommen und auf ihren Mineralstoffgehalt untersucht.

In den Versuchsjahren 1980 und 1981 wurden außerdem eine Reihe von Bienen- und Honigproben aus gesunden und waldtrachtkranken Völkern fremder Imker mit unbekannter Vorgeschichte analysiert, um mögliche Unterschiede zwischen den Proben nachzuweisen. Für die Darstellung der Ergebnisse wurde ein reproduzierbarer Bezugspunkt festgelegt. Dieser Wert wird ausgedrückt in « mg des zu untersuchenden Stoffes pro Gramm Trockensubstanz (TS) Einwaage ». Bei der Wahl eines anderen Basiswertes, wie z.B. « mg des zu analysierenden Stoffes pro Biene » läuft man Gefahr, falsche Werte zu erhalten, da Bienen in ihrem Trockengewicht beträchtlich variieren können. Die Stickstoffanalyse wurde nach der Methode von KJELDAHL durchgeführt, die Bestimmung der Mineralstoffe Kalium, Calcium und Natrium erfolgte flammenphotometrisch, der Phosphorgehalt wurde als P_2O_5 durch die Messung der Extinktion ermittelt. Neben der Analyse

von Bienen- und Honigproben aus frei fliegenden Völkern wurden in Flugzelten Fütterungsversuche mit weiselrichtigen Völkern vorgenommen. Zu diesem Zweck wurden diese mit reinem Zuckerwasser 1 : 1, Honigtau Honig (3 Teile Honig, 1 Teil Wasser) und Zuckerwasser mit Zusatz von 0,5 % Kalium in Form von Kaliumdihydrogenphosphat (KH_2PO_4) gefüttert. Die aus den einzelnen Versuchsvarianten entnommenen Proben wurden wie beschrieben analysiert.

Für die Darstellung der Ergebnisse an den Freilandvölkern sollen die Messungen des Versuchsjahres 1981 am Standort Fluorn, Kreis Rottweil wiedergegeben werden, wo es zu einer ausgezeichneten Honigtautracht kam. Obwohl die Bienenvölker dieses Standortes vor der Wanderung in der Edelkastanientracht eingesetzt waren, zeigten sie bereits nach einer Woche leichte Symptome der Waldtrachtkrankheit und mußten nach fünf Wochen mangelndes Volksstärke aufgelöst werden.

ERGEBNISSE

1. Mineralstoffanalyse in Honigproben

Die Honigproben wurden in wöchentlichen Abständen aus verdeckelten Waben entnommen und bezüglich ihres Mineralstoffgehaltes analysiert. Die erste Probe eines jeden Volkes wurde am Tage der Wanderung in die Waldtracht gezogen

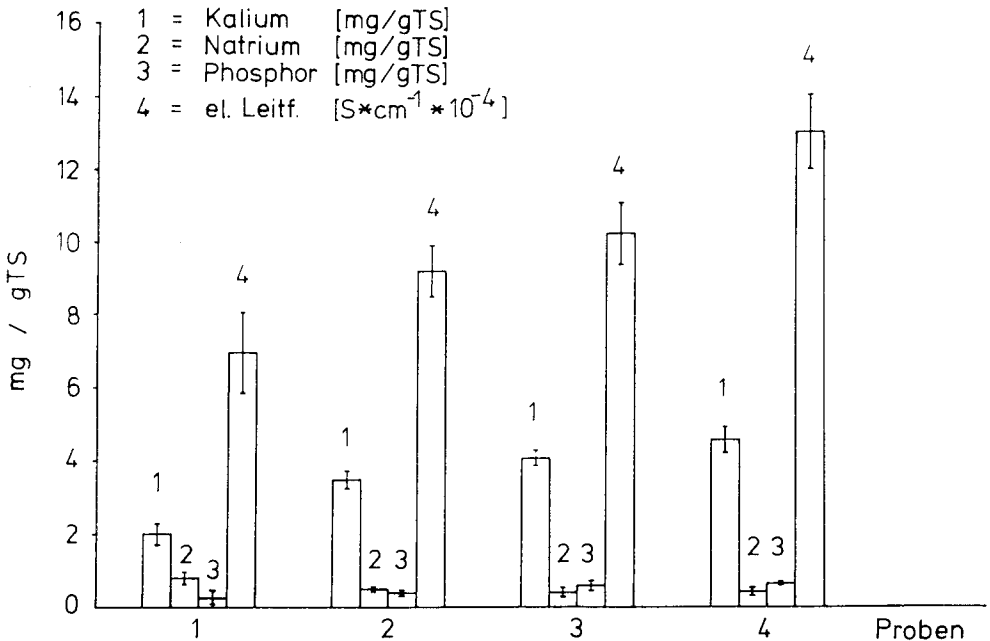


ABB. 1. — Mineralstoffverlauf in Honigproben bei Nutzung einer intensiven Weißannentracht am Standort Fluorn 1981

FIG. 1. — Mineral content of honeydew honeys from *Abies alba* during an intensive honeydew flow (Fluorn 1981)

und repräsentiert somit den Ausgangswert des Mineralstoffgehaltes in Honigen aus Blüten- bzw. Mischhonigtautracht. Die Analysen haben gezeigt, daß Waldhonige reich an Kalium und Phosphor, aber relativ arm an Natrium sind (siehe Abb. 1). Die Veränderung der einzelnen Mineralstoffkomponenten während einer intensiven Weißtannentracht erklärt auch den Anstieg der Werte der elektrischen Leitfähigkeit in Waldhonigen, im Vergleich zu Blütenhonigen, da dieser vom Elektrolytgehalt abhängig ist. Der gegensätzliche Mineralstoffverlauf in beiden Honigarten, mit hohen Na- und verringerten P_2O_5 -Gehalten in Blüten-, aber verringerten Na- und erhöhten P_2O_5 -Werten in Honigtauhonigen bewirkt eine in etwa ausgeglichene Gesamtionenkonzentration, da beide Mineralstoffe auch mengenmäßig in vergleichbarer Größenordnung in den verschiedenen Honigarten vorkommen. Die Zunahme der Werte der elektrischen Leitfähigkeit (siehe Abb. 1) beruht letzten Endes auf den hohen Kalium- Gehalten, wobei in Honigtauhonigen die Werte signifikant ($p \leq 0,01$) höher liegen als in Blütenhonigen.

2. Mineralstoffanalyse in Bienenproben

Abdomen

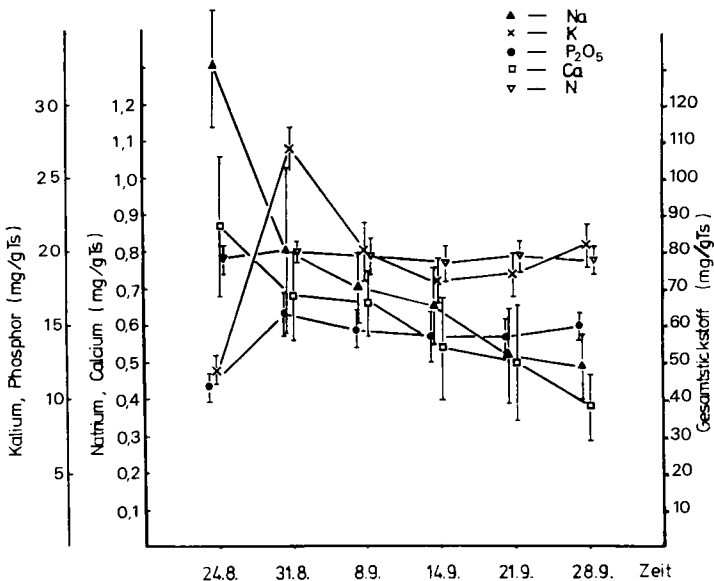


ABB. 2. — Mineralstoffverlauf im Abdomen von Flugbienen bei Nutzung einer Weißtannentracht, entnommen aus den Versuchsvölkern im Trachtjahr 1981 am Standort Fluorn

FIG. 2. — Mineral content of the abdomen of honey bees from experimental colonies during the honeydew flow from *Abies alba* (Fluorn 1981)

Das gegenüber Blütenhonigen in der Mineralstoffzusammensetzung veränderte Nahrungsgut Honigtau induziert bei Massenhonigtautracht auch Mineralstoffverschiebungen im Abdomen von Bienen (siehe Abb. 2). Dabei steigen die P_2O_5 - und insbesondere die Kalium-Gehalte nach der Wanderung in die Tracht sprunghaft an, wobei absolute Maxima gemessen werden, die um 30-100 % höher liegen, als die Ausgangswerte. Bei weiterer Trachtnutzung versuchen die Bienen ihren Mineralstoffgehalt wieder zu «normalisieren». Der Erfolg dieser Maßnahme scheint vom Trachtangebot und von der Trachtnutzung abhängig zu sein. Bei mäßiger bis mittlerer Honigtautracht wird das physiologische Ausgangsniveau schnell wieder eingestellt, bei andauernder Massenhonigtautracht kommt es nach einem kurzfristigen Abfall zu einem erneuten Mineralstoffanstieg. Diese Mineralstoffsituation ist charakteristisch für waldrachtkranke Bienen. Genau entgegengesetzt zum Kalium- und P_2O_5 - Gehalt verhalten sich die Na- und Ca-Werte, wobei die Bienen nun mit vergleichbaren physiologischen Reaktionen auf das Mineralstoffdefizit reagieren.

Bei der Analyse der Gesamtstickstoffgehalte im Abdomen von Flugbienen können dagegen keine trachtbedingten Gehaltsveränderungen festgestellt werden.

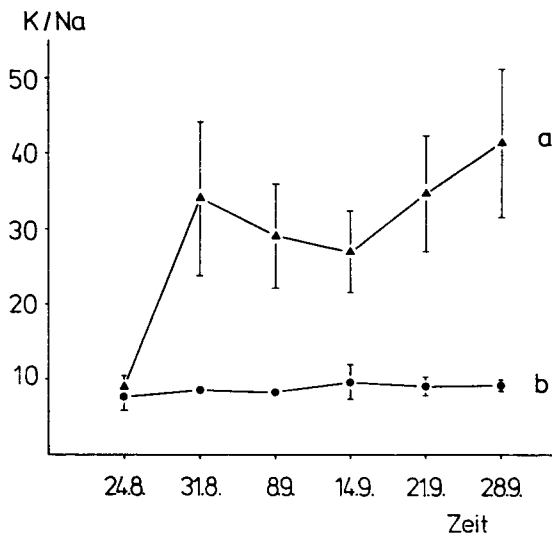


ABB. 3 a. — Verlauf des K/Na-Verhältnisses im Abdomen von Flugbienen bei Nutzung einer Weißtannentracht am Standort Fluorn 1981

ABB. 3 b. — Verlauf des K/Na-Verhältnisses im Kopf-Brust-Bereich von Flugbienen bei Nutzung einer Weißtannentracht am Standort Fluorn 1981

FIG. 3 a. — K/Na-quotient of the abdomen of honey bees during the honey flow from *Abies alba* (Fluorn 1981)

FIG. 3 b. — K/Na-quotient of the head and thorax of bees during the honey flow from *Abies alba* (Fluorn 1981)

Da das Verhältnis der Kationen Kalium und Natrium in der Hämolymphe von Insekten als Charakteristikum für deren unterschiedliche Ernährungsweise betrachtet wird, wurde der Quotient, errechnet aus den Mittelwerten der einzelnen Kalium- und Natrium-Gehalte für das Abdomen dieser Proben gebildet und graphisch dargestellt (siehe Abb. 3). Aus dem Kurvenverlauf wird deutlich, daß bei veränderter Trachtnutzung, bedingt durch die Wanderung der Völker aus der Blüten- in die Weißtannentracht, das K/Na-Verhältnis kurzfristig enorm ansteigt. Dieser Anstieg kann das 4-5-fache des Ausgangswertes betragen und ist offensichtlich die Reaktion der Bienen auf ein in der Mineralstoffzusammensetzung verändertes Nahrungsangebot. Aus dem weiteren Kurvenverlauf wird sichtbar, daß die mit dem Honigtau im Überschuß aufgenommenen Mineralsalze ausgeschieden werden, was durch einen Abfall des K/Na-Quotienten zum Ausdruck kommt. Bei anhaltender Massenhonigtautracht steigen die Werte im weiteren Trachtverlauf jedoch erneut deutlich an.

Caput und Thorax

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß der Kopf-Brust-Bereich von Bienen, die bei Nutzung einer Honigtautracht im Abdomen festzustellenden extremen

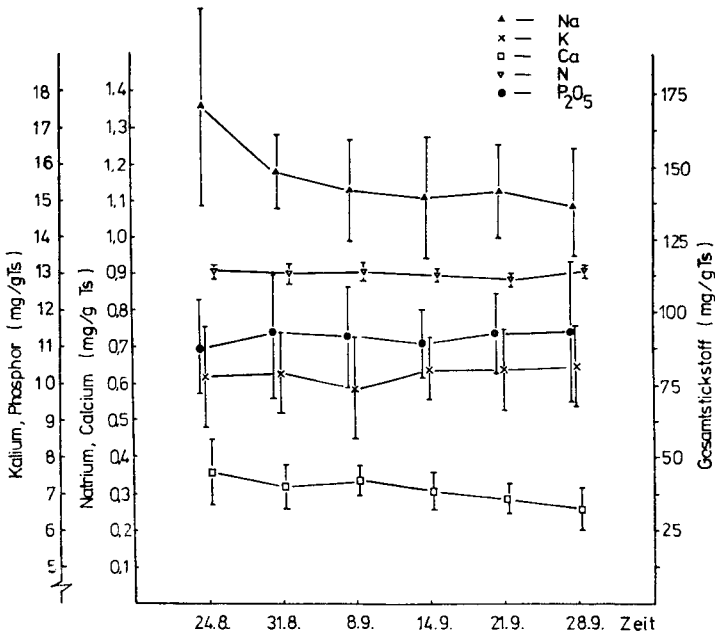


ABB. 4. — Mineralstoffverlauf im Kopf-Brust-Bereich von Flugbienen während einer Weißtannentracht, entnommen aus den Schwarzwald-Versuchsvölkern im Trachtjahr 1981 am Standort Fluorn

FIG. 4. — Mineral content of the head and thorax of bees from experimental colonies during the honeydew flow of *Abies alba* (Fluorn 1981)

Mineralstoffverschiebungen nicht zeigt (siehe Abb. 4). Es scheint daher die Aussage berechtigt, daß diese Körperabschnitte wesentlich langsamer auf mit der Nahrung im Überschuß zugeführte Mineralstoffe ansprechen, als das Abdomen. Bei der Bildung des Quotienten K/Na ergibt sich für die 5-wöchige Versuchsdauer ein nur leicht ansteigender Kurvenverlauf, der um ein Vielfaches geringer als im Abdomen ist.

3. *Analyse von Bienen- und Honigproben aus gesunden und waldtrachtkranken Völkern unbekannter Vorgeschichte*

3.1. *Untersuchung von Bienenproben*

Abdomen

Die Beurteilung der Bienenvölker in « krank » oder « gesund » erfolgte nach einem Bonitierungsschema, das anhand auftretender Merkmals- und Verhaltensänderungen eine eindeutige Unterscheidung erlaubt. Bei der Beurteilung der Proben als waldtrachtkrank wurden die Trachtvoraussetzungen, sowie veränderte Verhaltensweisen als zwingend notwendig erachtet, während erhöhter Totenfall und Haarverlust als zusätzliche Hilfsparameter herangezogen wurden. In den Versuchsjahren 1980 und 1981 wurden aus insgesamt 126 Bienenvölkern Proben analysiert. Dabei entfielen 59 Proben auf waldtrachtkranken und 67 Proben auf gesunde, in der Honigtautracht eingesetzte Völker. Die statistische Auswertung der Analysenergebnisse erfolgte mittels einfaktorierlicher Varianzanalyse (siehe Tab. 1). Für die Mineralstoffe Kalium, Calcium, Natrium und P_2O_5 wurden signifikante Unterschiede zwischen den Proben aus gesunden und waldtrachtkranken Völkern ermittelt, während im Gesamtstickstoffgehalt keine signifikanten Unterschiede zu finden waren. Mit Ausnahme des Natriums unterliegen die Mineralstoffkonzentrationen zwischen den Jahren keinen großen Schwankungen. Interaktionen zwischen den Gehalten in den Proben (P) und Jahren (J) traten nicht auf.

Caput und Thorax

Die Analyse dieser Proben hat gezeigt, daß im Kopf-Brust-Bereich von gesunden und waldtrachtkranken Bienen keine signifikanten Unterschiede in den Mineralstoffgehalten auftreten (Siehe Tab. 2). Statistisch abzusichernde Unterschiede in Mineralstoffkonzentrationen zwischen den Jahren konnten für den P_2O_5 - und Gesamtstickstoffgehalt nachgewiesen werden, während Interaktionen zwischen den Proben und Jahren nicht festgestellt wurden.

Tab. 1. — Mineralstoffgehalt im Abdomen von Flugbienen aus gesunden und waldrachtkranken Völkern während der Jahre 1980 und 1981 (mg/g TS)

Tabl. 1. — Mineral content of the abdomen of bees from diseased and healthy colonies during the years 1980 and 1981 (mg/g dry weight)

Varianzursachen Source of Variation	FG	Kalium Potassium	Natrium Sodium	Calcium Calcium	P ₂ O ₅ Phosphorus	N Nitrogen
Proben (P) Samples	1	***	***	***	***	n.s.
Gesund Healthy		15,11 b ± 3,94	0,92 a ± 0,17	0,75 a ± 0,19	11,87 b ± 2,14	70,37 ± 12,39
Krank Diseased		25,09 a ± 3,77	0,80 b ± 0,17	0,57 b ± 0,15	14,21 a ± 2,61	67,14 ± 14,80
Jahr (J) Year	1	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
1980	(n = 81)	19,80 ± 6,10	0,89 a ± 0,17	0,67 ± 0,19	13,24 ± 2,43	68,58 ± 15,37
1981	(n = 45)	19,76 ± 6,15	0,82 b ± 0,17	0,66 ± 0,19	12,46 ± 2,95	69,36 ± 9,83
P × J	1	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Gesund 1980	(n = 44)	15,14 ± 3,51	0,95 ± 0,15	0,73 ± 0,19	12,51 ± 2,14	70,04 ± 13,91
Gesund 1981	(n = 23)	15,05 ± 4,74	0,86 ± 0,19	0,76 ± 0,18	10,83 ± 1,84	71,00 ± 9,07
Krank 1980	(n = 37)	25,34 ± 3,12	0,82 ± 0,18	0,58 ± 0,15	14,24 ± 2,43	66,84 ± 16,98
Krank 1981	(n = 22)	24,67 ± 4,71	0,77 ± 0,14	0,57 ± 0,16	13,71 ± 1,46	67,69 ± 10,56

Rest : 122.

Residue.

Mittelwerte, die durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet sind, unterscheiden sich signifikant (* : p ≤ 5 %, ** : p ≤ 1 %, *** : p ≤ 0,1 %).
Mean values followed with different letters differ significantly (* : p ≤ 5 %, ** : p ≤ 1 %, *** : p ≤ 0,1 %).

n.s. : nicht signifikant.
not significant.

FG : Freiheitsgrad.
degrees of freedom.

Tab. 2. — Mineralstoffgehalt im Kopf-Brust-Bereich von Flugbienen aus gesunden und waldrachtkranken Völkern während der Jahre 1980 und 1981 (mg/g TS)

Tabl. 2. — Mineral content of the head and thorax of bees from diseased and healthy colonies during the years 1980 and 1981 (mg/g dry weight)

Varianzursachen Source of Variation	FG	Kalium Potassium	Natrium Sodium	Calcium Calcium	P ₂ O ₅ Phosphorus	N Nitrogen
Proben (P) Samples	1	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Gesund Healthy		9,33 ± 1,08	0,83 ± 0,21	0,38 ± 0,11	10,42 ± 0,83	112,63 ± 5,40
Krank Diseased		9,44 ± 1,05	0,83 ± 0,21	0,36 ± 0,10	10,45 ± 0,84	111,32 ± 6,40
Jahr (J) Year	1	n.s.	n.s.	n.s.	*	***
1980 (n = 81)		9,37 ± 1,13	0,85 ± 0,24	0,36 ± 0,11	10,55 a ± 0,88	113,65 a ± 4,41
1981 (n = 45)		9,41 ± 0,94	0,78 ± 0,13	0,39 ± 0,10	10,24 b ± 0,69	109,07 b ± 7,05
P × J	1	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Gesund 1980 (n = 44)		9,32 ± 1,11	0,84 ± 0,24	0,37 ± 0,11	10,52 ± 0,85	113,80 ± 4,08
Gesund 1981 (n = 23)		9,35 ± 1,04	0,80 ± 0,13	0,41 ± 0,09	10,23 ± 0,77	110,39 ± 6,85
Krank 1980 (n = 37)		9,42 ± 1,16	0,87 ± 0,24	0,35 ± 0,10	10,57 ± 0,93	113,49 ± 4,83
Krank 1981 (n = 22)		9,47 ± 0,84	0,77 ± 0,14	0,37 ± 0,10	10,23 ± 0,62	107,70 ± 7,14

Rest : 122.

Residue.

Mittelwerte, die durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet sind, unterscheiden sich signifikant (* : p ≤ 5 %, ** : p ≤ 1 %, *** : p ≤ 0,1 %).
Mean values followed with different letters differ significantly (* : p ≤ 5 %, ** : p ≤ 1 %, *** : p ≤ 0,1 %).

n.s. : nicht signifikant.
not significant.

FG : Freiheitsgrad.
degrees of freedom.

3.2. *Untersuchung von Honigproben*

Im Jahr 1980 wurden insgesamt 48 Honigproben analysiert. Davon wurden 27 Proben aus waldtrachtkranken, der Rest aus gesunden Völkern entnommen. Im Versuchsjahr 1981 wurden 21 Honige aus erkrankten und 22 Proben aus gesunden Völkern untersucht. Neben dem Gehalt an Kalium, Natrium und P_2O_5 wurde von allen Honigen auch die elektrische Leitfähigkeit bestimmt, da diese einen indirekten Hinweis auf den Mineralstoffgehalt in der Honigprobe gibt. Die Auswertung der Ergebnisse mittels einfaktorierter Varianzanalyse hat gezeigt, daß beim Vergleich zwischen Proben aus gesunden und waldtrachtkranken Völkern für alle untersuchten Parameter signifikante Unterschiede bestehen (siehe Tab. 3). Im Gegensatz dazu konnten beim Vergleich der einzelnen Parameter zwischen den Jahren nur im Falle des Kaliums schwach signifikante Unterschiede errechnet werden. Signifikante Interaktionen zwischen den Mineralstoffgehalten in den Proben (P) und den Beobachtungsjahren (J) wurden nur für die P_2O_5 -Gehalte ermittelt.

4. *Fütterungsversuche unter kontrollierten Bedingungen im Flugzelt*

Diese Versuche wurden mit 10 weiselrichtigen Bienenvölkern im Flugzelt durchgeführt. Bei der Zusammenstellung der Völker wurde auf gleiche Volksstärke, Alter der Königin, vorausgegangenen Trachteinsatz u.s.w. geachtet. Für die Untersuchungen wurden folgende Versuchsvarianten getestet :

- a.) 5 Bienenvölker als Kontrollen - Zuckerwasser 1 : 1 ;
- b.) 2 Bienenvölker als Versuchsvölker - reiner Honigtau Honig aus der Tanne (elektrische Leitfähigkeit $14,20 \times 10^{-4} \text{ S} \times \text{cm}^{-1}$) ;
- c.) 3 Bienenvölker als Versuchsvölker - Zuckerwasser 1 : 1 und Zusatz von 0,5 % Kalium in Form von Kaliumdihydrogenphosphat (KH_2PO_4).

Um eventuelle Einflüsse des Mikroklimas am Versuchsstandort auszuschließen, wurden die Flugzelte abwechselnd mit Versuchs- und Kontrollvölkern besetzt.

In den einzelnen Versuchsvarianten wurden folgende Ergebnisse erzielt :

- a.) Allgemein abnehmender Mineralstoffgehalt sowohl in Bienen, als auch in analysierten « Fütterungshonigen » ;
- b.) Ansteigender Kalium- und P_2O_5 -Gehalt bei verringerten Na-Werten in Honig- und Bienenproben ;
- c.) Analog verlaufender Mineralstoffgehalt zur Versuchsvarianten b, mit ansteigenden Kalium- und P_2O_5 -Gehalten und abnehmenden Na-Werten in Honig- und Bienenproben.

TAB. 3. — Mineralstoffgehalt in Honigproben aus gesunden und waldrachtkranken Bienenvölkern während der Jahre 1980 und 1981 ($S \times cm^{-1} \times 10^{-4}$, mg/g TS)TABL. 3. — Mineral content of honeys from diseased and healthy bee colonies during the years 1980 and 1981 ($S \times cm^{-1} \times 10^{-4}$, mg/g dry weight)

Varianzsachen Source of Variation	FG	elektr. Leitfähigkeit electr. conductivity	Kalium Potassium	Natrium Sodium	P_2O_5 Phosphorus
Proben (P) Samples	1	***	***	***	***
Gesund Healthy		6,27 b \pm 1,87	1,45 b \pm 0,54	0,58 a \pm 0,12	0,46 b \pm 0,14
Krank Diseased		11,88 a \pm 1,70	4,17 a \pm 0,61	0,52 b \pm 0,12	0,59 a \pm 0,13
Jahr (J) Year	1	n.s.	*	n.s.	n.s.
1980 (n = 48)		9,42 \pm 3,21	3,08 \pm 1,53	0,56 \pm 0,12	0,54 \pm 0,16
1981 (n = 43)		8,95 \pm 3,49	2,62 \pm 1,41	0,53 \pm 0,12	0,52 \pm 0,15
P \times J	1	n.s.	n.s.	n.s.	***
Gesund 1980 (n = 21)		6,42 \pm 1,70	1,52 \pm 0,46	0,59 \pm 0,10	0,41 c \pm 0,09
Gesund 1981 (n = 22)		6,08 \pm 2,05	1,37 \pm 0,61	0,59 \pm 0,14	0,50 bc \pm 0,16
Krank 1980 (n = 27)		11,82 \pm 1,82	4,36 \pm 0,63	0,53 \pm 0,14	0,63 a \pm 0,12
Krank 1981 (n = 21)		11,97 \pm 1,57	3,93 \pm 0,52	0,50 \pm 0,09	0,53 b \pm 0,13

Rest : 88.

Residue.

Mittelwerte, die durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet sind, unterscheiden sich signifikant (* : $p \leq 5\%$, ** : $p \leq 1\%$, *** : $p \leq 0,1\%$).Mean values followed with different letters differ significantly (* : $p \leq 5\%$, ** : $p \leq 1\%$, *** : $p \leq 0,1\%$).n.s. : nicht signifikant.
not significant.FG : Freiheitsgrad.
degrees of freedom.

Obwohl die Analysen von Honig- und Bienenproben aus den mit Honigtauhonig, bzw. mineralisiertem Zuckerwasser gefütterten Versuchsansätzen einen nahezu identischen Kurvenverlauf in den untersuchten Proben während der Versuchsdauer zeigten, waren Symptome der Waldtrachtkrankheit nur an den beiden mit Honigtauhonig gefütterten Versuchsvölkern zu beobachten.

Völlig entgegengesetzt zur Mineralstofftoleranz adulter Bienen verhält sich die Mineralstoffverträglichkeit der Bienenbrut. Während das K/Na-Verhältnis im Abdomen von Bienen bei Nutzung einer intensiven Honigtautracht (insbes. Weißtannentracht) ohne weiteres auf das 4-5-fache des «Normalwertes» der Blütentracht ansteigen kann, bleibt bei Verfütterung von Honigtauhonig der Mineralstoffgehalt in Bienenlarven nahezu unbeeinflusst.

Selbst die Verfütterung von mineralisiertem Zuckerwasser verursachte vergleichsweise nur geringe Mineralstoffverschiebungen in der Brut, mit ansteigenden Kalium- und P_2O_5 -Gehalten und leicht abnehmenden Na-Werten. Trotzdem kam es bei dieser Versuchsvariante schon nach wenigen Wochen zu größeren Brutaussfällen. Geschädigt wurden dabei besonders Stadien kurz vor dem Übergang von der Rund- zur Streckmade. Die abgestorbenen Maden bildeten schließlich am Zellgrund einen grauen faulbrutartigen Schorf. Nach einer Versuchsdauer von 8 Wochen betrug der Brutaussfall nahezu 100 %.

DISKUSSION

Bei der Nutzung einer intensiven Weißtannentracht kommt es im Abdomen von Bienen zu einer signifikanten Mineralstoffverschiebung mit erhöhten Kalium- und P_2O_5 -Gehalten, bei verringerten Na- und Ca-Werten und unveränderten Gesamtstickstoffkonzentrationen. Der Kopf-Brust-Bereich dieser Bienen bleibt dabei in seiner Mineralstoffzusammensetzung relativ konstant. Die Untersuchungen ergaben, daß mit zunehmender Mineralstoffdivergenz die Symptome der Waldtrachtkrankheit vermehrt auftreten. Mineralstoffverschiebungen in vergleichbarer Größenordnung treten nach unseren bisherigen Erkenntnissen bei reiner Blütentrachtnutzung in Bienen nicht auf (Fütterungsversuche mit mineralstoffreichen Heide- und Edelkastanienhonigen wurden bis jetzt noch nicht vorgenommen). Die aus waldtrachtkranken und gesunden Völkern entnommenen Honigproben unterscheiden sich in ihrer elektrischen Leitfähigkeit, wobei Proben aus erkrankten Völkern signifikant höhere Werte aufweisen, als Proben aus gesunden Völkern. Bei der quantitativen Mineralstoffanalyse wurde deutlich, daß die Erhöhung der Werte der elektrischen Leitfähigkeit überwiegend auf erhöhte Kaliumgehalte zurückzuführen ist. Bei der Verfütterung einer dem Honigtauhonig aus wald-

trachtkranken Bienenvölkern vergleichbaren mineralisierten Zuckerwasserlösung unter kontrollierten Bedingungen im Flugzelt konnten bei den Versuchsvölkern keinerlei Krankheitssymptome beobachtet werden. Leichte bis mittlere Krankheitssymptome wurden an Bienenvölkern nur nach Verfütterung von Honigtauhonig festgestellt. Damit stehen unsere Beobachtungen im Gegensatz zu wissenschaftlichen Untersuchungen aus nordosteuropäischen Ländern, wo insbesondere TEMNOV (1958) und JEZEK (1963) die Waldtrachtkrankheit als reine Honigtautoxikose beschreiben. Nach diesen Autoren liegt die Hauptursache für die Toxizität des Honigtaues im erhöhten Mineralstoffgehalt, insbesondere im vermehrten Gehalt an Kalisalzen. TEMNOV (1958) beziffert die maximal zulässige Mineralstoffmenge im Honig mit 0,28 %. JEZEK (1963) konnte in Fütterungsversuchen mit weiselosen Bienen im Labor experimentell schon den schädlichen Einfluß eines 0,3 %-igen KCl - Zusatzes zu einer Zuckerwasserlösung nachweisen. Neben dem Auftreten schwarzer Bienen bestätigen seine durchgeführten histologischen Analysen des Darmtraktes einen toxischen Einfluß von KCl. Auch LOTMAR (1942) und SEIFFERT (1965) berichten bei ihren Beobachtungen zur Waldtrachtkrankheit von histopathologischen Veränderungen im Mitteldarmbereich. Ähnliche nekrotische Erscheinungen wurden auch bei unseren Versuchen in den mit Zuckerwasser und 0,5 % Kalium-Zusatz, sowie in den mit Honigtauhonig gefütterten Versuchsvölkern im Bereich des Dünndarmes festgestellt.

Während die Ergebnisse von JEZEK (1963) aus Laborversuchen resultieren, die an wenigen weiselosen Versuchsbienen durchgeführt wurden, zeigen unsere Untersuchungen, daß es unzulässig ist, so gewonnene Erkenntnisse auf weiselrichtige Bienenvölker zu übertragen, da diese durchaus höhere Kalium-Konzentrationen im Futter vertragen, ohne daß es zu sichtbaren Krankheitssymptomen bei adulten Flugbienen kommt. Im Gegensatz dazu reagiert die Bienenbrut nach unseren Untersuchungen recht deutlich auf ein überhöhtes Mineralstoffangebot im Futter, was durch erhöhte Brutausfälle sichtbar wird. Bienenbrut dürfte daher nur in unbedeutendem Maße als Puffer für die mit der Honigtautracht im Überschuß aufgenommenen Mineralsalze fungieren. Eine regulierende, wenn auch begrenzte Funktion kann dem Brutkörper nur dadurch zukommen, daß bei brutstarken Völkern ein Teil der mit dem Honigtau im Überschuß aufgenommenen Mineralsalze mit dem Futtersaft abgegeben werden kann, während bei brutlosen Völkern diese Möglichkeit entfällt.

Die von LOTMAR (1939, 1942) vertretene Ansicht, daß Pollenmangel im Bienenvolk für das Auftreten der Waldtrachtkrankheit verantwortlich ist, kann nicht geteilt werden, da unsere Völker während des Fütterungsversuches in den Zelten zeitweise bewußt mit einem ausgesprochenen Pollendefizit geführt wurden, um eine Eiweißmangelsituation im Bienenvolk während der simulierten Massenhonigtautracht zu induzieren. Dabei konnte in keinem der Versuchsvölker ein Einfluß des Pollenmangels auf das Auftreten von Krankheitssymptomen festgestellt werden.

Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den Analysenergebnissen von Bienenproben aus waldtrachtkranken und gesunden in der Weißtannentracht eingesetzten Bienenvölkern.

Neben ernährungsbedingter Waldtrachtkrankheit sehen MASSARD (1947) und SCHNEIDER (1951) weitere Ursachen der Krankheit in Haltungsfehlern hinsichtlich des Standortes der Völker und in Verbindung mit der Beute. Diese Autoren haben beobachtet, daß starke Völker an sonnig gelegenen, windgeschützten Ständen mit gestörter Luftzirkulation sehr schnell typische Krankheitserscheinungen zeigen, während an schattig gelegenen Ständen die Krankheit erst verspätet auftrat und wesentlich schwächer verlief. Unsere eigenen Beobachtungen schließen dagegen diese Möglichkeit weitgehend aus (ausgenommen Verbrausen der Völker nach Wanderung oder durch Überhitzung des Stockinneren), da es heute trotz moderner weiträumiger Magazinbetriebsweise mit lockerem Bienensitz und ausreichender Luftzirkulation durch Gitterböden sehr wohl zum Auftreten der Waldtrachtkrankheit kommen kann. Die Untersuchungen haben gezeigt, daß die Symptome der Waldtrachtkrankheit wohl z.T. auch erblich bedingt sind, wobei eine verstärkte Zuchtauslese die genetische Disposition der Bienen für diese Krankheit offensichtlich fördert. Während unserer mehrjährigen Untersuchungen haben sich die instrumentell besamten Königinnen immer anfälliger gegenüber der Waldtrachtkrankheit erwiesen, als stand- oder belegstellenbegattete Wirtschaftsköniginnen.

Da bei der Verfütterung einer dem Honigtauohonig aus waldtrachtkranken Bienenvölkern vergleichbaren mineralisierten Zuckerwasserlösung außer histopathologischen Veränderungen im Darmbereich keinerlei äußerlich sichtbaren Veränderungen, wie Haarverlust oder Verhaltensstörungen aufgetreten sind, müssen weitere Faktoren existieren, die die für diese Krankheit typischen Symptome auslösen. Die Untersuchungen wurden deshalb mit der Arbeitshypothese fortgesetzt, daß Mikroorganismen eine weitere Ursache für das Auftreten der Symptome der Waldtrachtkrankheit bei Bienen darstellen. Diese Annahme wird durch die Beobachtung gestützt, daß bei einem labilen Gesundheitszustand (z.B. induziert durch Nahrungs- und Haltungsstreß oder andere Umwelteinflüsse) die Anfälligkeit mancher Individuen gegenüber Infektionskrankheiten stark ansteigt.

Eingegangen im Juli 1984.

Angenommen im Januar 1985.

DANK

Die Untersuchungen wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanziell unterstützt.

SUMMARY

THE CAUSES OF BLACK DISEASE OF THE HONEY BEE

I. THE INFLUENCE OF MINERAL CONTENT IN HONEYDEW HONEY

In the Black Forest of Southwestern Germany several groups of bee colonies were exposed at different places to observe their development and to study the causes of Black Disease during a honeydew flow. Honey and workerbee samples were taken from the colonies and examined for the following minerals : phosphorus, potassium and sodium in honey samples and phosphorus, potassium, sodium, calcium and nitrogen in bee samples. Each bee was divided into two samples, on one was comprised only of the head and thorax and the other only of the abdomen. At the same time honey and bees from colonies of unknown bee-keepers were examined as described before to compare differences between healthy and sick bees. In feeding trials conducted in cages, colonies were fed to following :

- 1) Sugar solution 1 : 1 (control).
- 2) Honeydew honey.
- 3) Sugar solution 1 : 1 with 0.5 % potassium (as KH_2PO_4).

The results were as follows :

1) Honeydew honeys are higher in potassium and phosphorus and lower in sodium when compared to floral honeys. Honey samples from colonies with Black Disease had significantly higher levels of potassium and phosphorus and more diminished levels of sodium than honey from healthy colonies.

2) The mineral contents of the abdomens of bees depend on the honey production of the colonies. A high honeydew flow was correlated with an increase in the potassium and phosphorus levels. However the nitrogen content remained the same and the levels of sodium and calcium were lower. This situation is characteristic of bees with Black Disease. Small amounts of honeydew-honey cause only slight changes in the minerals.

3) Mineral contents in the head and thorax of bees in a high honeydew flow change little and no significant differences were found when compared to bees feeding on a floral source.

4) The controlled feeding of sugar solution, honeydew honey or sugar-solution with the addition of 0.5 % potassium in the form of KH_2PO_4 to bee colonies induced signs of Black Disease only in colonies which were fed with honeydew honey. Samples of honey and bees from colonies fed honeydew honey or sugar solution fortified with KH_2PO_4 showed nearly the same mineral contents during the experiment. Therefore it must be postulated that the high mineral content in honeydew honeys (especially potassium) is not the only cause for Black Disease of bees.

5) The hypothesis that bee brood serves as a buffer for high levels of minerals which are associated with honeydew is unlikely to be true. Bee brood is more sensitive to mineralised diets than adult bees. It only can act as a regulator when a part of the minerals are delivered with brood food.

Black Disease of bees that occurs during honeydew flow is not induced by only the mineral contents of honeydew. Further investigations will be made with the hypothesis that micro-organisms are a further cause for the outbreak of Black Disease in bees.

RÉSUMÉ

LES CAUSES DE LA MALADIE NOIRE DE L'ABEILLE

I. INFLUENCE DE LA TENEUR EN MINÉRAUX DES MIELS DE MIELLAT

En Forêt Noire on a placé plusieurs groupes de ruches en divers endroits pour observer leur développement et étudier les causes de la maladie noire au cours de la miellée de miellat. On

a prélevé dans les colonies des échantillons de miel et d'ouvrières et recherché les minéraux suivantes : phosphore, potassium et sodium dans les échantillons de miel ; phosphore, potassium, sodium et calcium chez les abeilles. Chaque abeille a été divisée en 2 échantillons, le premier ne comprenant que la tête et le thorax, le second uniquement l'abdomen. Parallèlement, du miel et des abeilles provenant de colonies appartenant à des apiculteurs inconnus ont été examinées de la même façon pour comparer abeilles saines et abeilles malades. Lors des tests de nourrissage faits en cages, les colonies ont reçu l'un des 3 régimes suivants :

- 1) Solution de sucre 1 : 1 (témoin).
- 2) Miel de miellat.
- 3) Solution de sucre 1 : 1 avec 0,5 % de potassium (sous forme de KH_2PO_4).

Les résultats obtenus sont les suivants :

1) Les miels de miellat sont plus riches en potassium et phosphore et plus pauvres en sodium que les miels de fleurs. Les échantillons de miel provenant de colonies atteintes de maladie noire ont des teneurs significativement plus élevées en potassium et phosphore et plus faibles en sodium que ceux provenant de colonies saines.

2) Les teneurs en minéraux des abdomens dépendent de la production de miel des colonies. Une miellée de miellat importante entraîne une augmentation des teneurs en potassium et phosphore et une diminution des teneurs en sodium et calcium, la teneur en azote restant inchangée. De petites quantités de miel de miellat n'ont provoqué que de faibles changements dans les minéraux.

3) Les teneurs en minéraux de la tête et du thorax des abeilles lors d'une forte miellée de miellat changent peu et aucune différence significative n'a été trouvée par rapport aux abeilles s'alimentant sur des fleurs.

4) Parmi les colonies ayant reçu un nourrissage, seules celles ayant été nourries avec du miel de miellat ont montré des signes de maladie noire. Les échantillons de miel et d'abeilles provenant des colonies nourries au miel de miellat ou avec la solution de sucre additionnée de potassium ont conservé pratiquement la même teneur en minéraux durant toute l'expérience. On peut donc en déduire que la teneur élevée en minéraux (principalement en potassium) n'est pas la seule cause de la maladie noire des abeilles.

5) Il est peu vraisemblable que l'hypothèse, selon laquelle le couvain servirait de tampon pour les fortes teneurs en minéraux qui sont associées au miellat, soit juste. Le couvain est plus sensible que les adultes aux régimes riches en minéraux. Il ne peut jouer le rôle de régulateur que lorsqu'une partie des minéraux est transmise avec la nourriture larvaire.

La maladie noire qui se produit lors de la miellée de miellat n'est pas uniquement provoquée par la teneur en minéraux du miellat. De nouvelles recherches vont être entreprises pour tester l'hypothèse selon laquelle des microorganismes constitueraient une autre cause de la maladie noire chez les abeilles.

LITERATURVERZEICHNIS

- BAILEY L., 1965. — Paralysis of the Honey Bee *Apis Mellifera* Linnaeus. *J. Invertebr. Pathol.*, **7**, 132-140.
- BRETSCHKO I., 1966. — Bakterielle Septikämien im Lichte neuerer Untersuchungen. *Bienenwelt*, **8** (1), 1-2. 4-10.
- BRÖKER W., 1961. — Faits nouveaux au sujet de l'origine de la maladie noire de l'abeille mellifère. *Bull. Apic.*, **4** (1), 73-84.
- BRÖKER W., 1964. — Tannentrachtkrankheit und Zuckertoxikose. *Bull. Apic.*, **7** (1), 32-40.
- CERMAK P., 1964. — Sodium salts, the main agents in honeydew poisoning of bees. *Apic. Abstr.*, **15**, 107.

- DREHER K., 1940. — Eine neue, dominant wirkende Mutation schwarzzüchtig (S) bei der Honigbiene. *Zool. Anz.*, **129**, 65-80.
- DREHER K., 1960. — Die Schwarzsucht (Waldtrachtkrankheit) der Biene. *Dtsch. Imkerkalender*, 70-75.
- DRESCHER W., 1964. — Beobachtungen zur unterschiedlichen erblichen Disposition von Zuchtlinien von *Apis mellifica* L. für die Schwarzsucht. *Z. Bienenforsch.*, **7**, 116-124.
- FIELITZ H., 1926. — Untersuchungen über die Pathogenität einiger im Bienenstock vorkommender Schimmelpilze bei Bienen. Inaugural-Dissertation der Tierärztlichen Hochschule zu Berlin, Gustav-Fischer-Verlag.
- JEZEK V.J., 1963. — Beziehungen der Kalisalze zur Honigtautoxiikose der Bienen. XIX. Internationaler Bienenzüchterkongreß, Prag.
- LOTMAR R., 1939. — Eiweißstoffwechsel im Bienenvolk. *Landwirtsch. Jahrb. der Schweiz*, **53**, 34-70.
- LOTMAR R., 1942. — Die Waldtrachtkrankheit der Honigbiene. *Schweiz. Bienenztg.*, **78**, 12, 571-578.
- MASSHARD H., 1947. — Beobachtungen über die Schwarzsucht. *Schweiz. Bienenztg.*, **73**, 67-69.
- OTTE E., 1966. — Beitrag zum Septikämieproblem der Honigbiene (*Apis mellifica*). *Wiener tierärztl. Monatsz.*, **53**, 587-592.
- POLTEV V.J., NECHATAEVA E.W., 1956. — Futtertoxikose der Bienen und ihre Diagnostik. XVI. Internationaler Bienenzüchterkongreß, Wien.
- POLTEV V.J., NECHATAEVA E.W., 1969. — Mélanose expérimentale chez les Abeilles provoquée par le champignon *Auréobasidium Pullans* (de Bary) Arnaud. XXII. Internationaler Bienenzüchterkongreß, München.
- SEIFFERT L., 1965. — Einige Beobachtungen zur Schwarzsucht. Journées de Pathologie de l'O.I.E., symp. sci. apic. Bucaresti publ. in : *Bull. apic.*, 1966 (1), 10-16.
- TEMNOV V.A., 1958. — Composition and Toxicity of Honeydew. XVII. Internationaler Bienenzüchterkongreß, Bologna.
- WILLE H., PINTER L., 1961. — Untersuchungen über bakterielle Septikämie der erwachsenen Honigbiene. *Bull. Apic.*, **4**, 141-178.