

**Zeitschrift:** Acta Tropica  
**Herausgeber:** Schweizerisches Tropeninstitut (Basel)  
**Band:** 23 (1966)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Das Zentralnervensystem des Kopfes und seine postembryonale Entwicklung bei "Bellicositermes bellicosus" (Smeath.) (Isoptera)  
**Autor:** Hecker, Hermann  
**Kapitel:** VI: Quantitative Untersuchungen  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-311347>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

werden von Assoziationsneuronen übernommen und entweder zu eigenen motorischen Neuronen oder in das OSG und wahrscheinlich auch ins Bauchmark geleitet.

Eine innere Gliederung in Mandibel-, Maxillen- und Labialzentren läßt sich nicht genau durchführen, da die drei Abschnitte eng verwachsen sind und ineinander überführen (Abb. 23). Das Kerngebiet des USG liegt hauptsächlich frontal und ventral. Zwischen assoziativen Neuronen finden sich, besonders im Gebiet der Mandibel- und Maxillenzentren, Motoneurone; auch Gliaelemente sind häufig.

Das USG der Soldaten ist etwas länglicher, die Motoneurone sind größer und treten deutlicher hervor als bei Geschlechtstieren und Arbeitern. Sonst sind keine mikroskopisch sichtbaren Unterschiede zwischen den Kasten ausgebildet.

Im ersten Larvenstadium gliedert sich die Fasermasse noch recht deutlich in die drei Abschnitte der Mandibel-, Maxillen- und Labialzentren, hingegen bilden ausdifferenzierte Neurone und die Neuroblasten eine einheitliche, auch lateral dicke Kalotte. Das USG besitzt im Gegensatz zum OSG bereits motorische Neurone, die im Laufe der postembryonalen Entwicklung noch an Größe zunehmen.

In den zweiten Stadien sind die drei Faserbezirke stärker verwischt und mehr Neurone differenziert. Durch das Auswachsen der reizleitenden Fortsätze dieser Nervenzellen nimmt die Fasermasse gegenüber den Kernschichten stärker zu. Diese Entwicklung schreitet bis kurz nach der imaginalen Häutung fort, wenn sämtliche Neuroblasten zu Neuronen und alle Faserverbindungen ausdifferenziert sind.

## VI. Quantitative Untersuchungen

Um die im anatomisch-histologischen Teil gemachten Aussagen über das Wachstum des Kopf-ZNS und über die Größenanteile der verschiedenen Zentren zu untermauern, haben wir auch quantitative Untersuchungen angestellt.

Alle angegebenen absoluten Werte der Gesamt- und Teilvolumina wurden anhand histologisch präparierter Gewebe erhalten und umfassen Faser- und Kerngebiete.

Im folgenden geben wir zunächst die absoluten Volumina sowohl des OSG und gewisser seiner Zentren als auch diejenigen des USG. Nachher werden das USG und die Gehirnzentren mit dem OSG, dessen Masse als 100% eingesetzt wird, verglichen.

Die schwer abzugrenzenden Gebiete der Pars intercerebralis und der Ventralkörper wurden zum Volumen der Lobi protocerebrales gerechnet, da sie sich für volumetrische Messungen zu wenig exakt begrenzen lassen. Im Falle des USG wurde wegen seiner stark verwachsenen Zentren nur das Gesamtvolumen untersucht.

#### *a) Oberschlundganglion*

Die Volumina des OSG sind in Abb. 24 graphisch dargestellt. Sie schwanken bei der ersten Larve zwischen  $6 \cdot 10^6$  und  $11 \cdot 10^6 \mu^3$ . Die Kopfganglien verschiedener Tiere des gleichen postembryonalen Häutungsstadiums zeigen starke Größenunterschiede, da sie in kontinuierlichem Wachstum begriffen sind. Das Gehirn wird über die Larvenstadien größer und erreicht bei kleinen und großen Arbeitern und kleinen Soldaten  $40 \cdot 10^6 \mu^3$ . Das OSG und auch die einzelnen, sich entsprechenden Gehirnteile besitzen bei diesen drei Kasten ähnliche Volumina. Das des großen Soldaten liegt bei  $70 \cdot 10^6 \mu^3$ , dasjenige der Geflügelten reicht gar bis  $135 \cdot 10^6 \mu^3$ , um bei alten Weibchen wieder auf  $65 \cdot 10^6 \mu^3$  abzusinken. Bei alten Männchen ist die Abnahme weniger stark.

Die Steigerung respektive Abnahme des Gesamtvolumens der Cerebralganglien wird hauptsächlich durch den Entwicklungszustand der einzelnen Gehirnteile bedingt. Es sind dies vor allem die Protocerebralloben, die Corpora pedunculata, das Deuto- und Tritocerebrum, bei Nymphen und Geschlechtstieren kommen noch die optischen Loben dazu. Die Zunahme des Gehirnvolumens von der ersten Larve zu den sterilen Kasten wie auch zur vierten Nymphe erfolgt mehr oder weniger gleichförmig, steigert sich aber zur geflügelten Imago über das fünfte Nymphenstadium (Abb. 24).

Die Entwicklungsgänge der optischen Loben und der Corpora pedunculata weichen von der Kurve des Gesamtvolumens deutlich ab.

#### *Lobi optici*

Die Volumina der Lobi optici (Abb. 25) messen bei der ersten Larve  $0,2 \cdot 10^6$  bis  $0,4 \cdot 10^6 \mu^3$ . Diejenigen der weiteren Larven, der Arbeiter und Soldaten bleiben praktisch auf diesem Stand stehen, dagegen werden, über die Nymphenstadien, bei Geflügelten Werte von  $35 \cdot 10^6 \mu^3$  erreicht. Die Zuwachsrate von der dritten über die vierte und fünfte Nymphe zur Imago wird von Stadium zu Stadium größer. Der extreme Abbau der Lobi optici bei alten Geschlechtstieren drückt sich auch in den Volumenzahlen deutlich aus, indem diese für Männchen und Weibchen bei  $7 \cdot 10^6 \mu^3$  liegen.

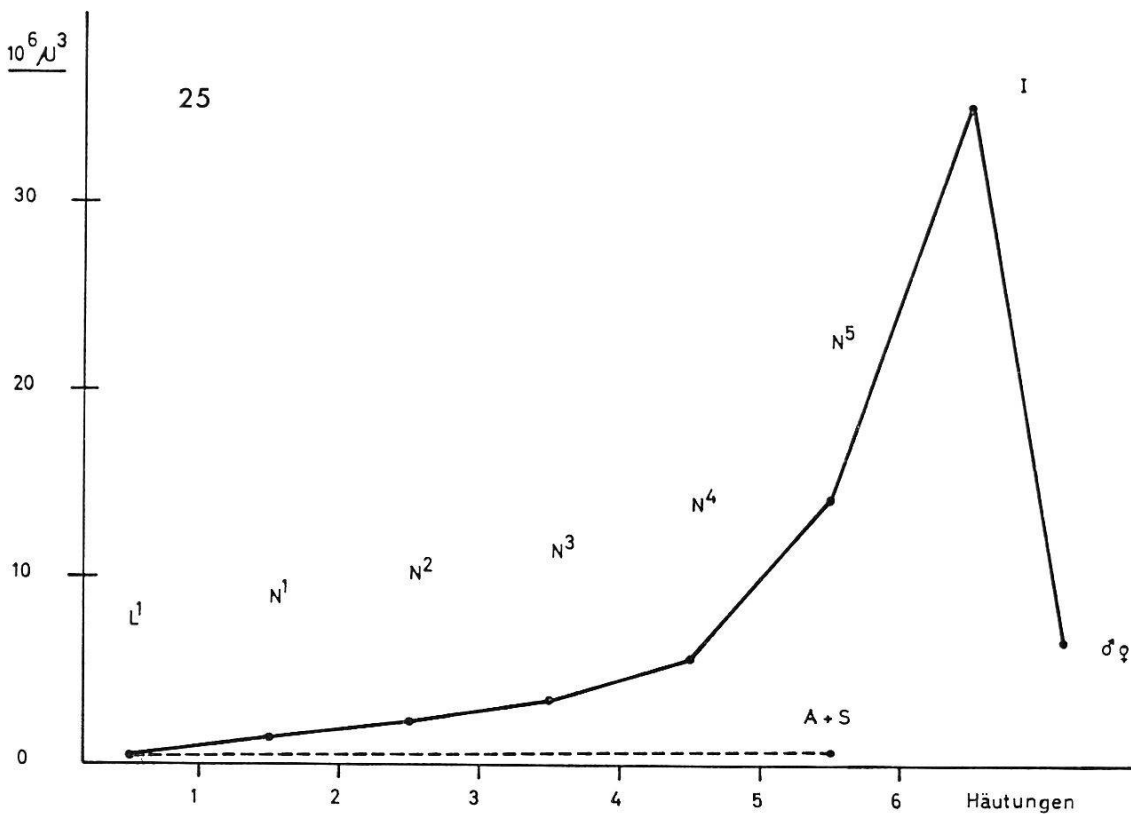
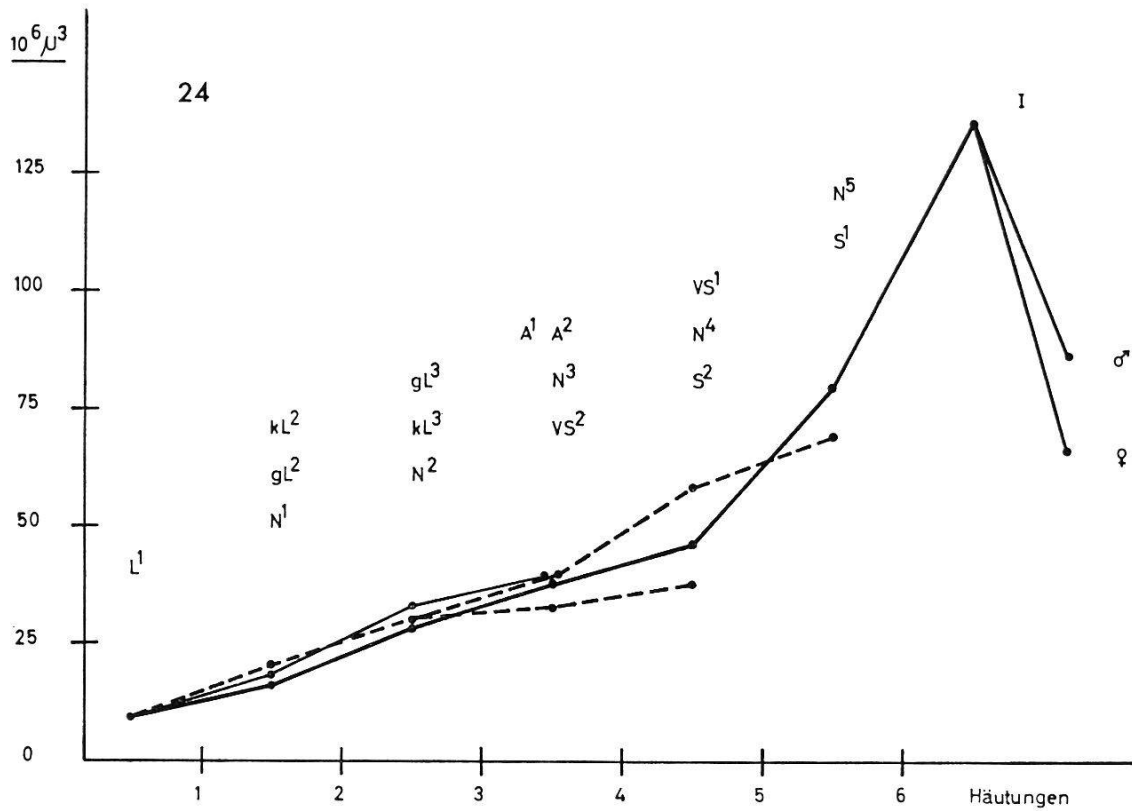


Abb. 24. Absolute Volumina der Oberschlundganglien aller Entwicklungsstadien und Kasten von *B. bellicosus*. Die aufeinander folgenden Stadien sind verbunden, ♂ und ♀ = alte Geschlechtstiere. (Alle weiteren Abkürzungen siehe Entwicklungsschema S. 300).

Abb. 25. Absolute Volumina der Lobi optici. Die Entwicklungsgänge zu den sterilen Kasten sind in der gestrichelten Linie zusammengefaßt.

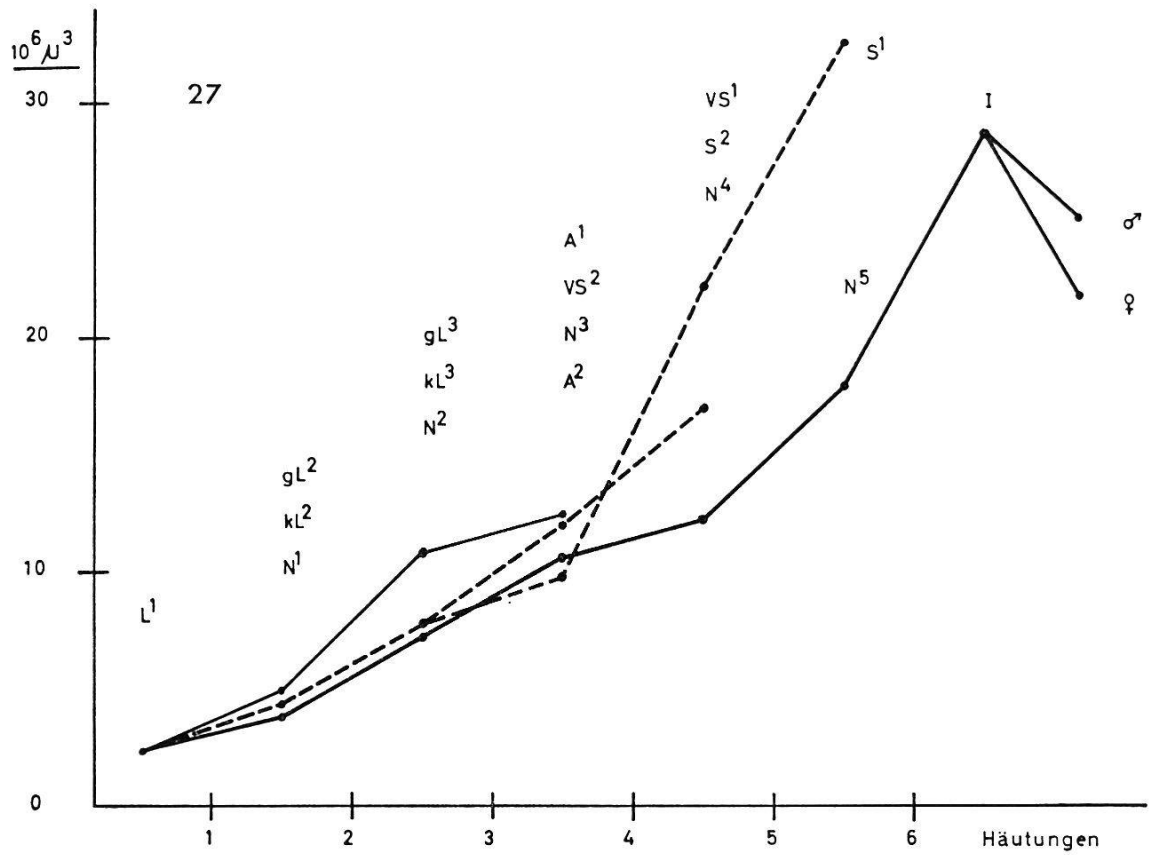
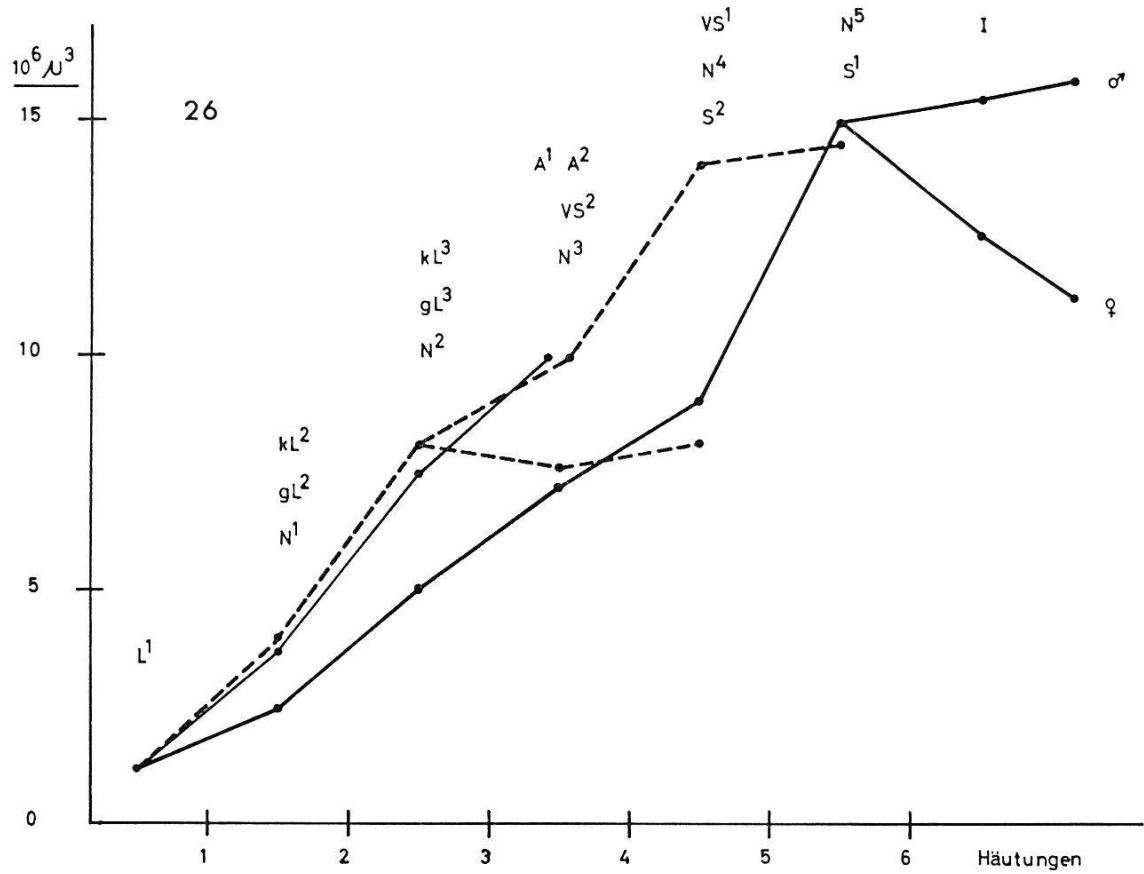


Abb. 26. Absolute Volumina der Corpora pedunculata.

Abb. 27. Absolute Volumina der Unterschlundganglien.

*Corpora pedunculata*

Die Corpora pedunculata (Abb. 26) entwickeln sich aus der  $10^6 \mu^3$  messenden Anlage der ersten Larve zu den kleinen und großen Arbeitern, wo sie in beiden Fällen  $10 \cdot 10^6 \mu^3$  erreichen. Die Werte des kleinen Soldaten liegen etwas tiefer, bei  $8 \cdot 10^6 \mu^3$ . Die Corpora pedunculata der großen Soldaten weisen mit  $14,5 \cdot 10^6 \mu^3$  ein größeres Volumen auf. Die Zunahme zu den Geschlechtstieren verläuft anfangs langsamer, steigt dann zum fünften Nymphenstadium an, welches Corpora pedunculata von  $15 \cdot 10^6 \mu^3$  besitzt. Bei geflügelten Weibchen ist das Volumen im Durchschnitt bereits auf  $12,5 \cdot 10^6 \mu^3$  reduziert und wird mit der Zeit bis auf  $11 \cdot 10^6 \mu^3$  verkleinert. Die Werte der Männchen erfahren hingegen noch eine Steigerung und erreichen  $16 \cdot 10^6 \mu^3$ . Daß das Corpora pedunculata-Volumen der Männchen nicht reduziert wird, stellt eine Ausnahme dar, da sonst alle Gehirnteile alter Geschlechtstiere, bei Männchen meist etwas weniger als bei Weibchen, an Größe einbüßen. Die Angaben von THOMPSON (1916) stimmen mit unseren Resultaten nicht überein, indem sie bei *Leucotermes flavipes* gefunden hat, daß die Corpora pedunculata der Arbeiter absolut größer sind als die der Geschlechtstiere und Soldaten. Untersuchungen an sozialen Hymenoptera (JONESCU 1909, VON ALTEN 1910, HANSTRÖM 1926, GEJVALL 1935 an *Apis mellifica*, THOMPSON 1913 an Ameisen) zeigen, daß das Volumen der Corpora pedunculata bei Arbeiterinnen größer ist als das der Geschlechtstiere. Einzig die Arbeit VON ALTEN (1910) an Hummeln und Wespen entspricht diesen Befunden nicht, indem die Corpora pedunculata der Weibchen größer sein sollen als die der Arbeiterinnen und Männchen.

Die Kurven der Volumenzunahme und auch die Reduktion bei alten Geschlechtstieren des Zentralkörpers, der Protocerebralloben, des Deuto- und Tritocerebrum verlaufen ähnlich wie diejenigen des Gesamtvolumens. Wir werden noch auf ihre prozentualen Anteile am Gehirn (= relative Werte) zurückkommen.

*b) Unterschlundganglion*

Das Volumen des USG (Abb. 27) mißt bei der ersten Larve im Durchschnitt  $2,4 \cdot 10^6 \mu^3$  und steigt zu den kleinen Arbeitern auf  $10 \cdot 10^6 \mu^3$  an. Der große Arbeiter besitzt mit  $12 \cdot 10^6 \mu^3$  ein größeres USG, das beim kleinen Soldaten gar  $17 \cdot 10^6 \mu^3$  Inhalt hat. Das Maximalvolumen weist der große Soldat mit  $33 \cdot 10^6 \mu^3$  auf, im Gegen-

satz zu den Geflügelten mit nur  $29 \cdot 10^6 \mu^3$ . Die Reduktion vermindert bei alten Königinnen das USG-Volumen auf durchschnittlich  $22 \cdot 10^6 \mu^3$ , das bei alten Männchen nicht unter  $24 \cdot 10^6 \mu^3$  absinkt.

### c) Verhältnis USG/OSG

Nehmen wir das Gesamtvolumen des OSG als 100%, so erreicht das USG der ersten Larve 25% des OSG-Volumens. Dieses Verhältnis bleibt zum kleinen Arbeiter gleich. Zum großen Arbeiter steigt es aber auf gut 30% an, indem das USG stärker zunimmt als das OSG. Die größte Zahl weisen große und kleine Soldaten mit 45% auf. Bei der geflügelten Imago mit großem Gehirn resultieren für das USG nur 20%, die bei alten Geschlechtstieren allerdings auf über 30% ansteigen, da das OSG und seine Zentren stärker reduziert und im Volumen vermindert werden als das USG.

Daraus resultiert, daß nach Verkleinerung gewisser Zentren und vor allem der Lobi optici der Geschlechtstiere ein ähnliches USG/OSG-Verhältnis entsteht wie bei Arbeitern. Die auffallend große Prozentzahl des USG der Soldaten dürfte mit der, gegenüber den anderen Kasten, gesteigerten motorischen Funktion des USG, welches die starken Mandibeln mit ihrem riesigen Muskelapparat innerviert, in Zusammenhang stehen.

### d) Prozentualer Anteil der Zentren am Gesamtvolumen des OSG (Abb. 28)

Die am Aufbau des OSG prozentual maßgeblich beteiligten Zentren sind die Lobi optici, Corpora pedunculata, die Protocerebrallöben (inklusive Pars intercerebralis und Ventralkörper), das Deutocerebrum und das Tritocerebrum, während der Zentralkörper wegen seines geringen Anteils (weniger als 0,5%) weggelassen wurde.

#### *Lobi optici*

Die Augenloben (Abb. 28) der ersten Larve machen 4% des gesamten Hirnvolumens aus. Zu den Arbeitern und Soldaten findet nur eine geringe absolute Vergrößerung statt, so daß mit wachsendem Cerebralganglion der Prozentanteil der optischen Loben auf rund 1% absinkt. Zu den geflügelten Geschlechtstieren entwickeln sich die Lobi optici stark, so daß sie 26% der OSG-Masse bilden.



Durch die enorme Steigerung dieses Gehirnteils wird einerseits das Gesamtvolumen stark vergrößert, andererseits natürlich der relative Anteil anderer Zentren verkleinert. Die geflügelte Imago besitzt gegenüber sterilen Kasten mächtige Lobi optici. Vergleicht man sie aber mit gewissen Tagfaltern (Lepidoptera), die als «Augentiere» bezeichnet werden und deren Lobi optici bis 73% des OSG ausmachen (BRUN, 1926), so wird ersichtlich, daß die Ausbildung des optischen Apparates auch bei Geflügelten gegenüber solchen Insekten keinen besonders hohen Stand erreicht.

Der Rückgang der Lobi optici alter Geschlechtstiere wirkt sich auf die Prozentzahlen aus, indem diese bei Männchen und Weibchen auf 8—10% reduziert wurden.

### *Corpora pedunculata*

Die Corpora pedunculata (Abb. 28) des ersten Larvenstadiums sind, wie wir im qualitativen Teil gesehen haben, noch recht schwach entwickelt und bilden nur 12% des Gehirns. Infolge der starken Ausdifferenzierung zu den kleinen und großen Arbeitern steigen die Corpora pedunculata bei beiden Kasten auf 25% an. Bei den kleinen und großen Soldaten liegen die Werte regelmäßig etwas tiefer, bei 21%. Am kleinsten sind sie bei den Geflügelten mit 10% (Lobus opticus!), um zu den Männchen wieder auf 18%, bei Weibchen auf 17% anzusteigen. Diese Erhöhung beruht beim Weibchen auf der stärkeren Reduktion anderer Zentren, vor allem der Lobi optici, womit das Gesamtvolumen kleiner wird. Beim Männchen verlieren die Corpora pedunculata nicht an Volumen, hingegen werden die übrigen Abschnitte des OSG vermindert.

Die von BRUN (1926, 1932) untersuchten Ameisenarbeiterinnen von *Lasius umbratus* weisen relative Werte auf, die wie bei *B. bellicosus* bedeutend größer sind als die der Geschlechtstiere. Es existiert zudem bei *L. umbratus* ein ausgeprägter Sexualdimorphismus, indem der Prozentanteil der Corpora pedunculata am OSG bei Weibchen entschieden höher ist als bei Männchen (Arbeiterin: 34%, Weibchen 24%, Männchen 13%). Diesen Sachverhalt bestätigt auch eine Arbeit über *Apis mellifica* (GEJVALL, 1935).

### *Lobi protocerebrales*

Die Protocerebralloben (Abb. 28) sind am Anfang der postembryonalen Entwicklung prozentual am größten und ihr Anteil am Gehirn beträgt 62%. Je nachdem sich die spezialisierten Zentren entwickeln, wird er zu adulten Kasten kleiner und schwankt



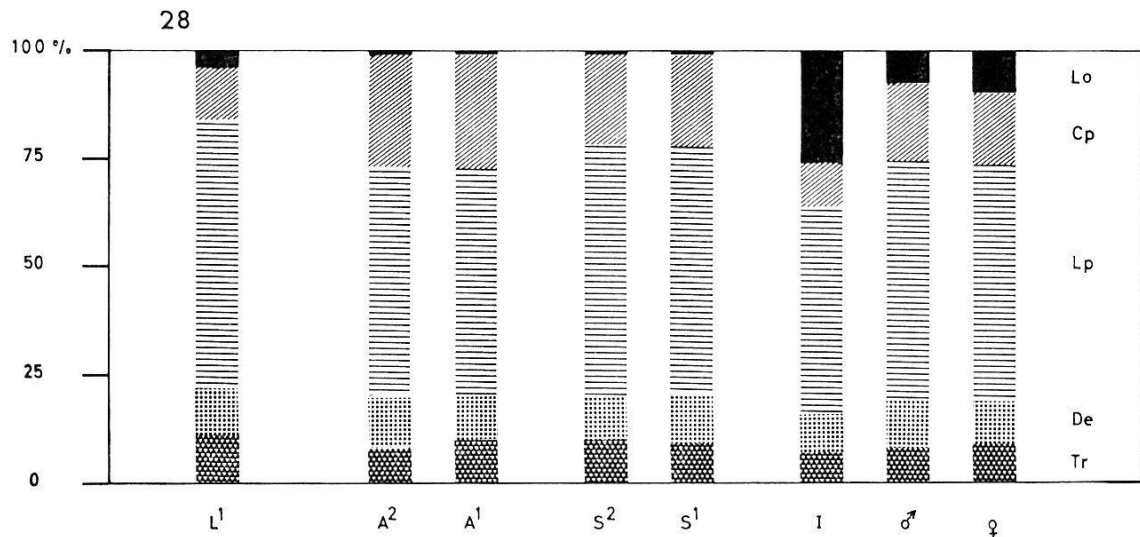


Abb. 28. Relativer Anteil der Zentren am Gehirnvolumen (= 100%).

Lo = Lobi optici  
 Cp = Corpora pedunculata  
 Lp = Lobi protocerebrales  
 De = Deutocerebrum  
 Tr = Tritocerebrum

in der Regel zwischen 50 und 60%. Am kleinsten ist der relative Anteil bei der geflügelten Imago mit 48% (Lobus opticus!). Darauf folgen die Arbeiter und alten Geschlechtstiere mit 53—55% und schließlich die Soldaten mit rund 58%.

### *Deutocerebrum*

Der Anteil des Deutocerebrum (Abb. 28) zeigt nur kleine Schwankungen. Die relativen Werte liegen bei den Entwicklungsstadien von der ersten Larve an und bei allen Kasten im Bereich von 9—12%.

### *Tritocerebrum*

Das Tritocerebrum (Abb. 28) zeigt etwas größere Unterschiede in seinem prozentualen Anteil. Dieser vermindert sich von der ersten Larve zu den kleinen Arbeitern ein wenig stärker als zu den großen Arbeitern, den großen und kleinen Soldaten. Bei den Geflügelten liegen die Werte noch etwas tiefer, doch erfolgt zu den alten Geschlechtstieren trotz absoluter Volumeneinbuße ein leichter Anstieg.