

Photoaktive Substanzen in verschiedenen prädisponierten Eiern und Junglarven von Formica polyctena Foerst.

G.H.Schmidt (Institut für Angewandte Zoologie der Universität Würzburg, DBR)

Der bei Waldameisen bekannte Saisondimorphismus der Oogenese ist mit einem unterschiedlichen Aufbau des gesamten Ovarioleninhalts verbunden<sup>1</sup>. In den polytroph-merostischen Ovarien dieser Ameisen zeigen die Nährzellen ausgeprägte Unterschiede. Es ergaben sich Beziehungen zwischen der Größe der Nährzellkerne und der Ausbildung ribonukleinsäurehaltiger Strukturen in den Oocyten der Königin. Aus den im Frühjahr abgelegten Eiern mit großen Polplasmen entwickeln sich normalerweise Geschlechtstiere, aus den polplasmaarmen Sommereiern Arbeiterinnen<sup>2</sup>. Diese unterschiedliche Prädisposition der beiden Eitypen sieht Bier in der Ernährung der Königinnen begründet, für die der Jahreszyklus der Temperatur das auslösende und steuernde Prinzip darstellen soll. Hierbei ist die tropische Potenz der Jungarbeiterinnen schließlich entscheidend<sup>3</sup>. Während der Frühjahrsaktivierung laufen in diesen Jungarbeiterinnen deutlich erkennbare stoffliche Veränderungen ab, die sich anhand der photoaktiven Stoffe demonstrieren lassen<sup>4</sup>. Gerade zur Zeit der Geschlechtstieraufzucht kommt es zur Bildung von Riboflavin-Pteridin-Verbindungen<sup>5</sup>.

Im Anschluß an diese Befunde erhebt sich die Frage nach der Art der unterschiedlichen Prädisposition der beiden Eitypen, und ob die in den Ammen auftretenden Riboflavin-Pteridin-Verbindungen hierbei eine Rolle spielen. Zur Beantwortung der Fragestellungen wurden die photoaktiven Stoffe in den verschiedenen Eitypen und Junglarven nach bekannten Methoden<sup>4</sup> analysiert. Weiterhin wurden über das ganze Jahr hinweg Königinnen aus Freilandnestern entnommen, die Ovarien herauspräpariert und auch diese sowie ablegereife Oocyten auf die Anwesenheit von fluoreszierenden Stoffen untersucht.

1) K.-H. Bier 1954, Biol. Ztbl. 73, 170-190.

2) K. Gößwald und K.-H. Bier 1954, Insectes sociaux 1, 229-246.

3) K.-H. Bier 1958, Biol. Ztbl. 77, 257-265.

4) G.H. Schmidt 1968, Insectes sociaux 15, 261-270.

5) G.H. Schmidt und M. Viscontini 1964, Helv. Chim. Acta 47, 2049-2052.

## Ergebnisse

### I. Untersuchung der Eier und Eilarven

1. Wintereier der Königinnen: Nach Homogenisierung in Methanol:1% wässr. Ammoniaklösung (3:1) tritt momentan eine intensive Gelbfärbung auf; auch das Filtrat ist gelb gefärbt. Auf Filtrierpapier sind nach zweidimensionaler Chromatographie (Papier: S. & S. 2043 b mgl, I. Propanol:1% wässr. Ammoniak (2:1), 2. Butanol:Methanol: Eisessig:Wasser (4:1:1:1)) fluoreszierende Stoffe mit sehr hohen  $R_f$ -Werten sichtbar, von denen die gelbgrün fluoreszierende Substanz die Gelbfärbung der Lösung verursacht. Aus dieser Substanz kann Riboflavin freigesetzt werden, das offenbar mit anderen fluoreszierenden Stoffen gebunden vorliegt. Aus einer rosa-violett fluoreszierenden Substanz konnte nach Zersetzung 7-Hydroxylumazin erhalten werden. Besonders auffallend ist die starke Anreicherung von Isoxanthopterin in Wintereiern. Freies Riboflavin ist nur in sehr geringen Mengen nachweisbar. Daneben tritt ein Riboflavinderivat auf<sup>6</sup>. Außerdem wurde Lumazin nachgewiesen.

Unterschiede zwischen befruchteten und unbefruchteten Eiern waren nicht signifikant. Quantitative Unterschiede zwischen Eiern, die im Freiland oder im Labor abgelegt waren, ließen sich nicht sichern.

Das typische Chromatogramm-Muster kann sogleich nach der Eiablage beobachtet werden und bleibt während der 7-tägigen Embryonalentwicklung im Freiland sowie im Labor auffallend konstant.

2. Larven aus Wintereiern: Auch während des ersten Larvenstadiums bleiben im Freilandnest die fluoreszierenden Stoffe mit den hohen  $R_f$ -Werten und das Isoxanthopterin weitgehend erhalten, um sogleich nach der Determination, also zu Beginn des 2. Larvenstadiums, zu verschwinden. Die Unterschiede zwischen Wintereiern und den aus ihnen im Freiland aufgezogenen Geschlechtstierlarven sind im Hinblick auf das Fluoreszenzmuster gering. Im 2. Larvenstadium tritt zusätzlich eine weitere Riboflavin-Verbindung auf, und Lumazin wird vermehrt.

Ganz anders verhält sich das Fluoreszenzmuster der im Labor aus Wintereiern gezogenen Larven, wenn sie lediglich von wenigen aktivierten Arbeiterinnen gefüttert werden, denen nur Honiglösung gereicht wurde. Bei dieser

<sup>6</sup>)M. Viscontini und G.H. Schmidt 1966, Helv. Chim. Acta 49, 1259-1265.

Mangelfütterung<sup>2</sup> entwickeln sich nur Arbeiterinnen aus den Wintereiern<sup>2</sup>. Die für das Winterei typischen fluoreszierenden Stoffe verschwinden unter diesen Umständen bereits am 1. Larventag. Auch Isoxanthopterin ist nicht mehr nachweisbar. Riboflavin bleibt vorhanden, und zusätzlich tritt Biopterin auf. Die Extrakte sind nicht mehr gelb gefärbt.

3. Sommereier der Königinnen: Das photoaktive Stoffmuster unterscheidet sich markant von dem der Wintereier. Es fehlen die typischen Riboflavin-Komplexverbindungen mit den hohen  $R_f$ -Werten; somit ist die Gelbfärbung des Extraktes nicht vorhanden. Auch Isoxanthopterin ist nicht nachweisbar. Insgesamt ist das Sommerei wesentlich ärmer an fluoreszierenden Stoffen.

4. Larven aus Sommereiern: Das Fluoreszenzmuster dieser Larven ist dem der Sommereier recht ähnlich. Bis zum Ende der Determinationsphase treten auch hier nur geringfügige Veränderungen auf. Das Fluoreszenzmuster ähnelt stark dem der im Labor aus Wintereiern gezogenen Larven. Beide entwickeln sich zu Arbeiterinnen; das Wachstum ist stark verzögert.

5. Arbeiterinneneier: Ohne Königinnen können auch Jungarbeiterinnen Eier ablegen, die wesentlich größer sind als die Königinneneier<sup>8</sup>. Sie sind unbefruchtet und können sich zu normalen Männchen entwickeln.

Das Chromatogramm-Muster der Arbeiterinneneier ähnelt dem der Sommereier der Königin. Neben Riboflavin und seinen Derivaten finden wir hier regelmäßig Biopterin, das auch in den Ovarien der Jungarbeiterinnen nachgewiesen werden konnte<sup>7</sup>.

## II. Untersuchungen am Ovar der Königinnen

1. Ovarien mit Wintereiern: Im Frühjahr wachsen nach der Erwärmung des Nestes die vorgebildeten Wintereier kurzfristig zur Ablegereife heran. Das Fluoreszenzmuster der abgereiften Wintereier unterscheidet sich deutlich von dem der abgelegten Eier. Neben Riboflavin treten im Ovar 4 verschiedene Riboflavinderivate auf, von denen drei in den abgelegten Eiern fehlen. Die fehlenden Stoffe

7) A. Maidhof 1968, Untersuchungen über die Larvenstadien von *Formica polyctena* Foerst. im Hinblick auf die Kastendifferenzierung. Dissertation, Nat. Fak. Würzburg.

8) H.-J. Ehrhardt 1962, Naturw. 49, 524/25.

fe scheinen Bestandteile der Nährzellen zu sein, die einer getrennten Untersuchung nicht zugänglich sind. Es konnte weiterhin 8-Ribityl-6-methyl-7-oxo-7,8-dihydro-lumazin identifiziert werden. Isoxanthopterin und die photoaktiven Stoffe mit den hohen RF-Werten fehlen im Ovar. Erst während der Eiablage oder kurz danach treten tiefgreifende Veränderungen im Winterei auf.

2. Ovarien mit Sommereiern: Nach Ablage der Wintereier wird das Fluoreszenzmuster der Ovarien allmählich verändert. Der Gehalt an Riboflavinverbindungen wird verringert, und auch das freie Riboflavin nimmt ab. Zusätzlich treten blau fluoreszierende Stoffe auf, die im Juni-Juli am stärksten angereichert sind. Die abgelegten Sommereier unterscheiden sich von den ablegereifen Eiern nur geringfügig.

### Diskussion

Die erhaltenen Ergebnisse verdeutlichen die bekannte Prädisposition der von der Königin abgelegten verschiedenen Eitypen. Das Vorhandensein verschiedener photoaktiver Stoffmuster kann als Ausdruck unterschiedlicher Stoffwechselaktivität angesehen werden. Erst während der Eiablage oder kurz danach tritt in den Eiern das für den Eityp spezifische Fluoreszenzmuster auf, so daß angenommen werden kann, daß das Stoffwechselsystem bei beiden Eitypen der Königin nach der Eiablage verschieden reagiert. In den abgelegten Wintereiern kommt es zu einem Pterinstoffwechsel, der zur Anreicherung von Isoxanthopterin führt. Im Sommerei fehlt dieser Pterinstoffwechsel. Nur im Winterei finden sich Riboflavin-Komplexverbindungen, obgleich freies Riboflavin auch in den Sommereiern vorhanden ist. Es wird vermutet, daß zwischen Pterinstoffwechsel und dem Auftreten von Riboflavin-Komplexverbindungen insofern ursächliche Beziehungen bestehen, als daß letztere aus Mangel an entsprechenden Pterinen nicht synthetisiert werden können. Das Verschwinden der Komplexverbindungen am Ende der Determinationsphase geht einher mit auffallenden cytomorphologischen Veränderungen am Mitteldarmepithel und einer erheblichen Wachstumssteigerung<sup>7</sup>. Das Isoxanthopterin kann nicht als Endprodukt des Pterinstoffwechsels angesehen werden, denn es wird im Stoffwechsel verändert und nicht ausgeschieden.

Die Untersuchungen zeigen weiterhin, daß zur Aufrechterhaltung der Entwicklungspotenz zum Geschlechtstier genügende Mengen an determinierendem Futtersaft vorhanden sein müssen. Die diesen Futtersaft produzierenden sekre-

torischen Kopfdrüsen sind nach Paulsen<sup>9</sup> die Postpharynxdrüsen, die ein lipidreiches Sekret abgeben, das gelb fluoreszierende Stoffe enthält.

Der die Prädisposition der verschiedenen Eitypen bestimmende blastogene Faktor kann als eine bestimmte Stoffwechsellage angesehen werden, die vermutlich eine Folge der Überwinterung bei tiefen Temperaturen ist. Nach der Eiablage wirkt sich die Prädisposition im Winterei in einem Pterinstoffwechsel aus. Zur Aufrechterhaltung der Stoffwechsellage im Winterei müssen genügend Ammen mit hochwertigen Nährsekreten vorhanden sein. Somit muß ein im Ei qualitativ vorgegebener Prozess durch Zufuhr entsprechender Mengen trophogener Substanzen bis zum Beginn des 2. Larvenstadiums weiterlaufen, damit er in der Gestalt eines Geschlechtstieres zum Ausdruck kommen kann.

### Zusammenfassung

Die bei *F. polyctena* Foerst. bekannten Eitypen wurden im Hinblick auf die Kastendetermination auf die in ihnen vorhandenen photoaktiven Stoffe untersucht. Nur in Wintereiern und in Freilandnestern aus solchen gezogenen Larven des 1. Stadiums wurden Isoxanthopterin und Komplexverbindungen des Riboflavins gefunden. Diese Verbindungen fehlen im Ovar und werden erst nach der Eiablage gebildet. Gleich nach der Eiablage läßt sich ein Pterinstoffwechsel erkennen, der zur Anreicherung von Isoxanthopterin führt. Das Wintereimuster bleibt bis zum Ende der Determinationsphase weitgehend konstant und verschwindet mit dem Eintritt der Larve in das 2. Stadium. Bei Mangelfütterung im Labor fehlt das Wintereimuster bereits in der Eilarve. So konnte im Fluoreszenzmuster von zu Geschlechtstieren prädisponierten Eiern und Larven und solchen, die zu Arbeiterinnen prädisponiert sind, ein deutlicher Unterschied gefunden werden. Auch unterscheiden sich die Fluoreszenzmuster von Ovarien mit Wintereiern von solchen mit Sommereiern, diese wiederum von solchen von abgelegten Eiern und Larven. Neben den schon erwähnten photoaktiven Stoffen konnten Riboflavin und Riboflavinderivate in Ovarien, Eiern und Larven, Lumazin in Wintereiern und Larven, Biopterin nur in Arbeiterinneneiern, 8-Ribityl-6-methyl-7-oxo-7,8-dihydrolumazin nur in Ovarien mit Wintereiern identifiziert werden. Daneben wurden mehrere bisher unerkannte Stoffe gefunden.

9) R. Paulsen 1969, Funktionen sekretorischer Kopfdrüsen von Arbeiterinnen der Kleinen Roten Waldameise *Formica polyctena* Foerst. (Hym. Form.). Die Bildung von Verdauungs- und Nährsekreten. Dissertation, Nat. Fak. Würzburg.