Wundheilung und Riesenzellenbildung bei *Ptychopoda seriata*

Von ALFRED KÜHN

Aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie, Hechingen

(Z. Naturforschg. 4b. 104—108 [1949]; eingegangen am 12. Februar 1949)

Bei der Verheilung von Brennwunden in der Raupenepidermis wird durch Zellwanderung von der Segmentfläche und der Intersegmentalhäut aus die Wunde verschlossen. Hiermit ist eine Zellvergrößerung verbunden, die sich im Kutikularmuster der Puppenkutikula und in der Bildung von Riesenschuppen im Verheilungsgebiet ausdrückt. Hierbei tritt eine auf Endomitosen hinweisende rhythmische Zellvergrößerung ein.

In Transplantaten von Raupenhaut, die im Inneren von Raupen und Puppen in gleichem Schritt wie die Wirte die Metamorphose durchmachen, treten bei *Galleria* und *Ptychopoda* in der Um-

eine atypische Vermehrungsperiode durchmachen, während die Zellen der Stammepidermis nur noch die normalen Teilungen ausführen, die jeweils mit den Häutungsperioden² und dann mit

Abb. 1. Fleckzeichnung auf dem Rücken der Abdominalsegmente (II.—IV.) der Puppe von *Ptychopoda seriata*. a normales Muster des verwendeten Stammes; b, c nach Setzung einer Brennwunde im letzten Raupenstadium rechts seitlich. Vergr. 24/1.

wachungsepidermis, welche vom Rand des eingepflanzten Hautstücks vorwächst und das Transplantat zu einem Bläschen schließt, Riesenzellen der Puppenepidermis und Riesenschuppen auf der Falterepidermis auf, während die Zell- und Schuppengrößen der Stammepidermis normale Dimensionen behalten¹. Die Frage war naheliegend, ob die Zellvergrößerung damit zusammenhängt, daß die Zellen der Umwachungsepidermis

der Differenzierung des Schuppenapparats aus einer Schuppenstammzelle verknüpft sind³. Falls eine solche Beziehung zwischen einem Impuls zu überzähligen Zellteilungen und Riesenzellenbildung besteht, konnte erwartet werden, daß die gleiche Erscheinung auch auftritt, wenn Hautwunden verheilen. Und da sich der ganze Vorgang an der Körperoberfläche leichter als in Transplantaten verfolgen läßt, wurden Versuche über die Wundheilung bei Schmetterlingsraupen begonnen.

Raupen von *Ptychopoda seriata* wurden im

¹ A. Kühn u. H. Piepho, Über die Ausbildung der Schuppen in Hauttransplantaten von Schmetterlingen, Biol. Zbl. 60, 1 [1940].

² A. Kühn u. H. Piepho, Die Reaktionen der Hypodermis und der Versonschen Drüsen auf das Verpuppungshormon bei *Ephestia kühniella* Z., Biol. Zbl. 58, 12 [1938].

³ M. Stoßberg, Die Zellvorgänge bei der Entwicklung der Flügelschuppen von *Ephestia kühniella* Z., Z. Morphol. Ökol. 34, 173 [1938].

letzten Stadium mit einem Thermokauter Brennwunden auf dem Rücken des IV. Abdominalsegments beigebracht. Die Hitze der Brennschmelze wurde so reguliert, daß ein Epidermisbereich abgetötet, aber die Kutikula nicht verletzt wurde.

Meist verpuppen sich die operierten Tiere gut, und die Folgen der Verwundung lassen sich an der Puppe erkennen. An der lebenden Puppe sieht man unter der Mitte der Wundgegend als Anzei-

verschoben sein. Hierin sprechen sich Epithelbewegungen aus, die bei dem Verschluss der Epidermiswunde auftreten. Stärkere Vergrößerung zeigt, daß in den Pigmentflecken sich die Areale der das Melaninpigment in ihre Kutikula abscheidenden Zellen voneinander abgrenzen (Abb. 3a). Da, wo die Flecken aufgelockert sind, liegen Pigmentzellenareale in kleinen Gruppen oder einzeln in unpigmentierten Gebieten (Abb. 3b, c). Bei

Abb. 2. III. und IV. Abdominalsegment der Puppenkutikula nach Brennverwundung, a rechts vorn, b rechts hinten im Segment. Vergr. 50/1.

chen des Gewebeerfalls meist eine schwarze Pigmentmasse, die häufig an der abgestreiften Puppenkutikula hängen bleibt. Im Kutikularmuster der Puppe prägt sich der *Heilungsverlauf* aus. Die Thorax- und Abdominalsegmente tragen ein charakteristisches Fleckmuster (Abb. 1a). Im Operationssegment ist stets dieses kutikuläre Pigment vermehrt. Die einzelnen Flecken sind vergrößert, in ihrem ganzen Umfang und vor allem nach der Brennstelle zu (Abb. 1b, c). In dieser Richtung sind sie aufgelockert. Die zunächst an der Brennstelle gelegenen Flecken sind oft ganz in kleine Pigmentspritzer verteilt, die in Zügen nach jener Stelle hin gerichtet sind (Abb. 2). Ganze Flecken und Fleckengruppen können aus ihrer normalen Lage nach der Wundstelle hin

dem Verschluss einer Wunde in der Segmentfläche schiebt sich Intersegmentalhaut (Gelenkhaut) oft weit in das Segment vor (Abb. 2a, 3c). Dabei behalten die Zellen ihre typische Struktur mit starken Zellrandleisten der Kutikula bei. Das Zellmuster der Pigmentzellen und der Intersegmentalhautzellen erweckt unmittelbar den Eindruck einer *strömenden Zellwanderung*, nicht des Auswachsens eines geschlossenen Epithels vom Wundrande her. Dafür, daß der Epithelverband sich auflockert und die Zellen wirklich wandern und sich dabei beträchtlich gegeneinander verschieben können, spricht nicht nur die Mischung von Pigmentzellen und kein Pigment bildenden Zellen, deren Umrisse auch mehr oder weniger deutlich in der Puppenkutikula ausgeprägt sind (Abb. 4),

Abb. 3. Stücke der Puppenkutikula. a Areale der Kutikularpigment bildenden Zellen in einem normalen Fleck; b einzelne Pigmentzellenareale auf einem operierten Segment; c Stück des Einzugsgebiets der Segmental- und Intersegmentalepidermis. Der Pfeil weist nach der Mitte des Verheilungsgebiets. Vergr. 190/1.

Abb. 4. Verheilungsgebiet mit Gewebeerfallspigment. Vergr. 200/1.

sondern sehr eindrucksvoll auch die Einsprengung von Zellen mit Intersegmentalstruktur zwischen Pigmentzellen (Abb. 5 a) und Pigmentzellen zwischen Intersegmentalhautzellen (Abb. 5 b) am Rande des Einzugsgebiets der Gelenkhaut in die Segmentfläche.

Normalerweise sind die Epitheldifferenzierungen der Segmentfläche und der Gelenkhaut scharf gegeneinander abgesetzt. Offenbar behalten die Zellen bei ihrer Wanderung die schon empfangene *Differenzierungs-determination* für die Puppenkutikula bei. Auffallend ist aber die Erscheinung, daß in einem Durchmischungsgebiet Intersegmentalhautzellen, die Pigmentzellen benachbart sind, auch Kutikularpigment bilden können (Abb. 5). Die Mitte des Gebiets des Wundverschlusses ist nie von einem geschlossenen Fleck pigmentierter Kutikula bedeckt, wie man besonders deutlich an Puppenkutikulen sehen kann, denen kein ausge dehntes Gewebeerfallspigment anliegt (Abb. 1 b, c).

Abb. 5. Vermischung von Intersegmentalhautzellen und Pigmentbildungszellen. Vergr. 640/1.

Mit der Annäherung an die Mitte der Verheilungsstelle wird die Pigmentierung der Areale der zugewanderten Zellen immer blasser (Abb. 4).

Im Verheilungsgebiet sind, wie in der Umwachsungsepidermis der Implantatbläschen, *die Zellen vergrößert*. Das läßt sich an den Pigmentzellen (Abb. 3, 4) und besonders deutlich an den Intersegmentalhautzellen (Abb. 2, 3, 4) erkennen. Die größten ihrer Kutikularfelder erreichen das 16- bis 18-fache der normalen Gelenkhautzellen.

Bei der Metamorphose zum Falter werden im Verheilungsgebiet *Riesenschuppen* gebildet (Abb. 6), die in allen Schuppenschichten bis zu gewaltigen Flächenmaßen anwachsen. Planimetermessungen der Schuppen in Abklatschpräparaten zeigen, daß die Größenzunahme nicht kontinuierlich ist. Die Häufigkeitskurve der Schuppengrößenmaße ist bei Tiefen- und Deckschuppen mehrgipfelig (Abb. 7). Der Faktor der Flächenzunahme von einem Gipfel zum nächsten, beginnend mit dem Gipfelwert der Norm, liegt zwischen 1,4 und 1,8. Diese *rhythmische Vergrößerung*, welche in dem bisher bearbeiteten Material bei den Tiefenschuppen 4, über das normale Maß der Deckschuppen hinaus 5 Stufen erkennen läßt, spricht dafür, daß die Bildung der Riesenzellen, welche die Kutikularfelder der Puppenkutikula und später die Schuppen bilden, auf einer *Polyploidisierung* beruht.

Abb. 6. Stück eines Schuppenabklatsches des Falterrückens nach Brennverwundung der Raupe des letzten Stadiums nahe dem Hinterrand des IV. Abdominalsegments. Vergr. 45/1.

Unter den Größenstufen der Kurve b in Abb. 7 können natürlich auch Mittelschuppen enthalten sein, welche über das Maß normaler Deckschuppen hinausgewachsen und noch größeren Deckschuppen zugeordnet sind.

Henke und Mertz⁴ haben aus Kernmessungen erschlossen, daß die Schuppenbildungszellen durch rhythmisches Wachstum in 3 Endomitoseschritten die verschiedenen Größentypen erreichen, welche den Größentypen der Tiefen-, Mittel- und Deckschuppen entsprechen. Da die Riesenschuppen eine rhythmische Größenzunahme zeigen und die Unterschiede der Schichttypen auch in den Riesenmaßen gewahrt bleiben, ist zu schließen, daß sich infolge der Wundheilungsvorgänge Endomitosen einstellen, und daß von der so erreichten Polyploidiestufe aus weiterhin die Endomitosen vollzogen werden, welche die Größentypen der Schuppen herstellen.

⁴ K. Henke u. I. Mertz, Über die Kerngrößenunterschiede im Flügelepithel der Mehlmotte und ihre Beziehungen zur Größendifferenzierung der Schuppen, Biol. Zbl. 61, 40 [1941].

Abb. 7. Häufigkeitskurven der Flächengrößen von Tiefenschuppen und Deckschuppen im Verteilungsgebiet und demselben Gebiet des normalen IV. Segments.