

Auf der Liebesspur der Seidenspinner



Mit einem betörenden Duft ziehen die Weibchen vieler Schmetterlinge Männchen an. 1959 charakterisierte **Adolf Butenandt** die chemische Natur des Lockstoffs, den er zuletzt am **Max-Planck-Institut für Biochemie** untersucht hatte.

TEXT **BIRGIT FENZEL**

Das ist auch eine Art Fernbeziehung: Über etliche Kilometer hinweg spüren die Männchen vieler Schmetterlingsarten paarungswillige Weibchen auf. Wie sie das schaffen, war lange Zeit ein gut gehütetes Geheimnis der Schmetterlinge, das Insektenliebhaber und Entomologen gleichermaßen beflügelte. Doch vor fast genau 50 Jahren zeigte sich, dass ein Nobelpreisträger für Chemie bei der Suche nach der Antwort auf diese Frage den richtigen Riecher hatte: Ein Jahr bevor Adolf Butenandt sein Amt als dritter Präsident der Max-Planck-Gesellschaft antrat, präsentierte er der Öffentlichkeit den chemischen Bauplan jenes Duftes, mit dem die Schmetterlingsweibchen Verehrer auf ihre Spur bringen.

Dabei hatte die Frage, wie die Faltermännchen ihren Weg zum Weibchen finden, im Vorfeld schon so manchen Insektenliebhaber oder Entomologen fasziniert – und offenkundig nicht nur diese. So verateten die Worte Adolfs Butenandts in seinem Forschungsbericht schon eine frühe Begeisterung für dieses Sujet, wenn er schreibt: „Man wird noch heute gern die spannenden Berichte von I. H. Fabre lesen, die vor über 50 Jahren verfasst wurden und in denen z.B. erzählt wird, dass ein einzelnes Weibchen des Nachtpfauenauges, unter einer Drahtglocke am offenen Fenster gehalten, jeweils in der Zeit von 20 – 22 Uhr innerhalb von 8 Tagen insgesamt 150 Männchen teils ‚kilometerweit‘ anlockte.“

Genauere Angaben über die Reichweite dieses geheimnisvollen Lockstoffs der Schmetterlingsweibchen machten chinesische Forscher: Sie entließen Schmetterlingsmännchen aus einem fahrenden Zug, der sich von einem Gazekäfig mit lockenden

Weibchen entfernte. Gut ein Viertel der Faltermännchen fand die Weibchen auch noch über eine Strecke von elf Kilometern – eine ans Wunderbare grenzende Leistung, kommentierte der MÜNCHNER MERKUR.

Nicht zufällig kursierten über diesen geheimnisvollen, stummen Sirenenruf der Schmetterlingsweibchen damals viele verschiedene Theorien. So vermuteten manche hinter diesem Phänomen „Schwingungen, die sich bis in unberechenbare Fernen mit einer wirklichen Diffusion der Materie auszubreiten vermögen“ – Butenandt erwähnt diese Theorie in einem Artikel aus dem Jahr 1959, mit dem er seine Erkenntnisse über das Liebesleben der Schmetterlinge vorstellte, wohl eher der Vollständigkeit halber.

Als ausgewiesenen Experten für hormonelle Fragen interessierte ihn ein anderer Ansatz, dem auch schon andere Forscher nachgingen, mehr. Diese hatten bei einer Reihe von Experimenten schon herausgefunden, dass die Weibchen bestimmter Falterarten in besonderen Drüsen geschlechts- und artspezifische Stoffe produzieren, mit denen sie die Männchen anlocken. Vielerorts wurden mit unterschiedlichen Falterarten Versuche unternommen, die Duftstoffe zwecks näherer chemischer Analyse zu isolieren. Doch sei die Wissensausbeute aus 30 Jahren Falter-Pheromon-Forschung „entmutigend gering“ ausgefallen.

In dieser Ausgangslage nahmen Adolf Butenandt und seine Mitarbeiter 1939 am Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin-Dahlem die Duftspur auf. Die Forscher wollten die Drüsensekrete biochemisch kennzeichnen und die Schwelle bestimmen, ab der die betörenden Substanzen Wirkung zeigen. Da-

bei setzten sie auf den Seidenspinner *Bombyx mori* – eine plüschig-weiße Falterart mit gedrungenem Körperbau und einem ausgeprägten Hang zur Lethargie. Von diesem Laborexoten – niemand hatte ihn zuvor zu solchen Untersuchungen eingesetzt – versprach Butenandt sich einige Vorteile. Die Art ist leicht nachzuzüchten, und auch hinsichtlich Nahrung, Klima und Lichtverhältnissen stellen die Tiere keine Ansprüche. Außerdem können ausgewachsene Exemplare nicht fliegen – was die Experimente in offenen Schalen enorm vereinfachte.

Auch durch ihr sonstiges Verhalten empfahlen sich die dicken Motten als Versuchstiere für die Suche nach dem Sex-Lockstoff der Schmetterlinge. Erstens weil die weiblichen Duftspenderinnen ihren Sekretvorrat in zwei gelben Beuteln am Ende ihres Abdomens quasi wie Parfumflakons in einem Handtäschchen mit sich herumtragen. Zweitens eignen sich die Männchen wegen ihres ausgeprägten Phlegmas hervorragend als Indikatoren für die betörenden Substanzen. Sie bewegen sich eigentlich nur, wenn sie die Gegenwart eines Weibchens spüren oder deren Duft wittern. Dann allerdings verwandeln sie sich in lebendige Brummkreisel mit flirrenden Flügeln und rotierenden Suchbewegungen, wobei sie sich in Richtung der höheren Konzentration des Drüsendufts bewegen.

Zunächst plünderten die Forscher die Lockstoffbeutelchen von rund 7 000 weiblichen Faltern. Die Beute fiel mit 100 Milligramm einer wachartigen Substanz nicht gerade üppig aus. Bei näherer Untersuchung stellte sich heraus, dass es sich um einen „lipoidlöslichen, neutralen und unverseifbaren Alkohol“ handeln müsse, „der

Wie könnte wohl der Lockstoff der Seidenspinner aussehen? Diese Frage bewegte Adolf Butenandt, hier in den 1950er-Jahren an seinem Schreibtisch im Max-Planck-Institut für Biochemie.



beständig gegen verdünnte Säure und Alkali, aber empfindlich gegen Oxidationsmittel ist“. Sie gaben dem neuen Duftstoff den Namen Bombykol.

Um die nötige Substanzmenge zu ermitteln, die bei den Männchen Liebesgefühle auslöst, platzierten Adolf Butenandt und seine Mitarbeiter die dicken *Bombyx*-Männchen in flache Schalen. Nun hielten sie den Testfaltern Glasstäbchen vor das Riechorgan, die mit einer Petrolätherlösung benetzt waren, die unterschiedliche Konzentrationen des verführerischen Pheromons enthielten.

In diesen Versuchen entpuppte sich das Duftstäbchen als echter Zauberstab, der ab einer bestimmten Reizschwelle die wie ausgestopft dahockenden Mottenmännchen zum Leben erweckte – oder bei

Bis es Butenandt und seinen Kollegen gelang, den genauen chemischen Bauplan des Pheromons zu identifizieren, sollten noch Jahre vergehen. So schlugen sich auch die Kriegszeiten auf die Arbeit der Forscher nieder – zwar konnten sie via Japan und Spanien noch größere Mengen an Schmetterlingen beziehen, doch gaben diese immer noch viel zu wenig Substanz her, um das Rätsel zu lösen. Immerhin konnten die Wissenschaftler dabei wertvolles Know-how sammeln über „das Verhalten des Lockstoffs bei der Anwendung chemischer und physikalischer Trennungsmethoden“.

In den 1950er-Jahren begannen im Institut wieder fruchtbarere Zeiten für die Falterforschung. Im Jahr 1953 standen Butenandt und seinen Mitstreitern schon wieder 313 000 weibliche Schmetterlinge

sie zwölf Milligramm eines kristallisierten farbigen Esters, aus dem der farblose Lockstoff selbst zu gewinnen ist. „Er ist ein doppelt ungesättigter Alkohol der Formel $C_{16}H_{30}O$ und enthält den Lockstoff in $10^{-10} \gamma!$ “, schrieb Butenandt. Die Einheit γ war damals für ein Mikrogramm gebräuchlich. Der Lockstoff war in dem Präparat also noch einmal 100 000 Mal konzentrierter enthalten als im Produkt der vorangegangenen Analyse: Bereits der zehnmilliardste Teil eines Mikrogramms betörte die Hälfte der zur Riechprobe angetretenen Männchen.

Damit hatte Butenandt nach 20 Jahren endlich den Stoff des geheimen Liebesnavigationssystems der Schmetterlinge gefunden und in seiner Reinform dargestellt – eine Pionierleistung auf dem Gebiet der Pheromonforschung, die noch Generationen von Wissenschaftlern beeinflussen sollte. Obwohl als Grundlagenforschung angelegt, dachte Butenandt schon an den praktischen Nutzen – etwa daran, Schadinsekten mit spezifischen Sexuallockstoffen zu bekämpfen. „Doch das ist noch Zukunftsmusik“, schrieb er damals. Heute, 50 Jahre später, finden sich Duftstofffallen gegen Motten in Küche und Kleiderschrank in vielen Haushalten. Die praktische Anwendung ist zumindest in dieser Hinsicht Realität geworden.

In anderer Hinsicht fanden Riechstoffe nur in der Literatur Anwendung. Glücklicherweise – wie jeder weiß, der Patrick Süßkinds Roman *Das Parfum* gelesen hat. Möglicherweise hätte das auch jene Gattin eines amerikanischen Forschers getröstet, die Butenandt bei der Nobelpreisträgertagung 1951 in Lindau getroffen hat. In seinem Artikel erinnert er sich an ihre Frage, wann man denn die „sex-attractive substances“ verwenden könne. Enttäuscht reagierte die Dame auf seine Bemerkung, es handle sich nur um Wirkstoffe bei Schmetterlingen: „Oh, Doctor B., why did you waste your time with butterflies?“ ◀

MÜNCHNER MERKUR VOM 9./10. JULI 1960

Ungefähr 500 000 Hormondrüsen von Schmetterlingen hat Prof. Adolf Butenandt aufarbeiten lassen, um ganze 12 Milligramm dieser Hormone gewinnen und in ihrer chemischen Struktur aufklären zu können. (...) Er zeigte folgende Perspektive auf: Mit Hilfe der Lockstoffe kann man alle Insektenmännchen eines Gebiets in eine tödliche Falle locken, so dass die Weibchen unbefruchtet bleiben.

höherer Dosierung gleich zum Tanzen brachte. Nach einigen Jahren und vielen Versuchen hatten die Forscher dann einen standfesten quantitativen Test zur vergleichenden Auswertung von Lockstoffzubereitungen verschiedenen Reinheitsgrades entwickelt.

Als Lockstoffeinheit definierten die Forscher nach Butenandt „diejenige Gewichtsmenge an Substanz (...), die in 1 ccm einer Petroläther-Lösung enthalten ist, mit der man (...) an mindestens 30 von 60 Tieren eine eindeutig positive Reaktion auslösen kann“. Dabei zeigten Versuche, dass die aus den Schmetterlingsweibchen gewonnene Urversion des Pheromons „noch um mehrere Zehnerpotenzen bis zum reinen Lockstoff anzureichern waren“.

zur Verfügung, die aus 1 000 000 Kokons geschlüpft waren. Das Drüsensekret der Falter reicherten die Forscher so weit an, dass sie drei Milligramm eines Präparates erhielten, von dem bereits ein hunderttausendstel Mikrogramm – ein millionstel Gramm – genügte, um die Hälfte der getesteten Männchen in Liebestaumel zu versetzen. Für eine vollständige Analyse reichte auch diese Menge nicht, so Butenandt, „jedoch konnte aus ihrem Verhalten geschlossen werden, dass der Lockstoff 2 konjugierte Doppelbindungen und mehr als 10 Kohlenstoffatome enthalten müsse“.

Sechs Jahre später isolierten die Forscher endlich genügend Substanz für eine genauere Untersuchung. Aus rund 500 000 Drüsen weiblicher Seidenspinner erhielten