

DIE WIRKUNG VON SUBSTANZEN
AUF DEN NETZBAU DER SPINNE
ALS BIOLOGISCHER TEST

VON

PETER N. WITT

PRIVATDOZENT FÜR PHARMAKOLOGIE
AN DER UNIVERSITÄT BERN

MIT 49 ABBILDUNGEN



SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG GMBH

1956

DIE WIRKUNG VON SUBSTANZEN
AUF DEN NETZBAU DER SPINNE
ALS BIOLOGISCHER TEST

VON

PETER N. WITT

PRIVATDOZENT FÜR PHARMAKOLOGIE
AN DER UNIVERSITÄT BERN

MIT 49 ABBILDUNGEN



SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG GMBH

1956

ALLE RECHTE, INSBESONDERE DAS DER ÜBERSETZUNG
IN FREMDE SPRACHEN, VORBEHALTEN

OHNE AUSDRÜCKLICHE GENEHMIGUNG DES VERLAGES IST ES AUCH NICHT
GESTATTET, DIESES BUCH ODER TEILE DARAUS AUF PHOTOMECHANISCHEM
WEGE (PHOTOKOPIE, MIKROKOPIE) ZU VERVIELFÄLTIGEN

© BY SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG 1956
URSPRÜNGLICH ERSCHIENEN BEI SPRINGER-VERLAG 1956
SOFTCOVER REPRINT OF THE HARDCOVER 1ST EDITION 1956

ISBN 978-3-662-23904-9 ISBN 978-3-662-26016-6 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-26016-6

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	1
Das Netz der Spinne <i>Zilla-x-notata</i>	4
Die Herstellung des Netzes	8
Analyse des Netzbauverhaltens	12
Der Netzbau tierpsychologisch gesehen	12
Auslösung des Netzbaues	13
Zum Einfluß der Temperatur und des Lichtes auf die Netzbauhäufigkeit der Spinnen (eigene Versuche)	16
Unterbrechung des Netzbaues durch die Häutung	17
Phasen des Netzbaues	18
Lenker des Netzbaues	20
Einiges für den Test Wichtige aus der Anatomie von <i>Zilla</i>	25
Das Netzbauverhalten von <i>Zilla-x-notata</i> Cl. als pharmakologische Testmethode	28
Fang	28
Zucht	28
Lebensdauer	29
Haltung	30
Ernährung	31
Pharmakologische Methodik	31
Normalmaße des <i>Zilla</i> Netzes	38
Applikation und Dosierung	40
Testdauer und -menge	42
Ergebnisse im pharmakologischen Experiment, verglichen mit bekannten Wirkungen der gleichen Substanzen am Menschen	44
Mescalinsulfat	44
3,5 Dijod-4-methoxy- β -phenäthylamin	48
Pervitin	48
Scopolamin	51
Coffein	52
Strychnin	54
d-Lysergsäurediäthylamid LSD 25	55
Largactil	57
„Benzopyran 122“	59
Adrenochrom	61
Adrenoxyll	63
Substanz HI	63
Nembutal	64
Xylopropamin	66
Herkunft der Substanzen	67
Auswertung der Testergebnisse	67
Identifizierung der Substanzen im Vergleich mit anderen Tests	67
Variation einzelner Kriterien	69
Vergleich der Substanzwirkungen bei Spinne und Mensch	71
Literaturverzeichnis	77

„Als Grundzug des Menschen gilt seit alters her: Freiheit, Reflexion, Geist. Das Tier hat seine Naturbestimmung, die durch die Naturgesetze automatisch erfüllt wird, der Mensch hat dazu eine Bestimmung, die zu erfüllen ihm selbst anheim gestellt ist. Aber nirgends ist der Mensch rein geistiges Wesen, bis in die letzten Verzweigungen seines Geistes ist er von Naturnotwendigkeiten getragen . . .

Psychologie und Psychopathologie der Tiere . . . lehrt 1. elementare Grundphänomene des Lebens kennen, die wir beim Menschen wiederfinden und im Blick auf diesen weiten Horizont sachgemäßer beurteilen: die Gewohnheiten, das Lernen, die bedingten Reflexe, die Automatismen, das Verhalten in Versuch und Irrtum, die eigentümlichen Intelligenzleistungen. 2. lehrt sie das eigentümliche, andersartige der Tiere . . .“

KARL JASPERS, Allgemeine Psychopathologie 1948

Einleitung

Im folgenden wird ein Test geschildert, der darauf beruht, daß Spinnen unter der Einwirkung einer Substanz, deren Wirkung auf den Menschen bekannt ist, ein verändertes Netzbauverhalten zeigen. Das veränderte Verhalten ist im fertigen Netz abzulesen und kann dort gemessen werden. Die Veränderungen sind größtenteils für die gegebene Substanz charakteristisch.

Die Tatsache, daß Spinnen in ihrem Netzbau die Wirkung von Substanzen zeigen, wurde zufällig von Professor HANS M. PETERS und mir in Tübingen 1948 entdeckt. Prof. PETERS, der für das Göttinger Institut für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht als Spinnensachverständiger einen Film über den Netzbau der Kreuzspinne aufnehmen wollte, hatte Schwierigkeiten wegen der vorwiegend nächtlichen Bautätigkeit der Tiere. Er bat mich um ein Anregungsmittel, das die Spinnen zu früherem Bauen veranlassen könnte. Es zeigte sich bereits am nächsten Tag, daß die Spinnen unter pharmakologischem Einfluß nicht früher bauten, aber die Netze verändert waren. Dies wurde der Ausgangspunkt für die Untersuchung weiterer Substanzen, deren Ergebnisse im folgenden niedergelegt sind. Die erste systematische Arbeit wurde von D. WOLFF u. U. HEMPEL als Dissertation in Tübingen durchgeführt; seitdem habe ich eine Reihe von Substanzen geprüft.

Wenn eine Methode in einem Laboratorium Ergebnisse gezeigt hat, so möchte man, daß sie allgemein anwendbar wird. Beim Spinnentest steht einer weiteren Anwendung hindernd entgegen, daß seine Auswertung langwierig und mühsam ist und seine Durchführung bis zu einem gewissen Grade jahreszeitlich gebunden. Auf Grund fünfjähriger Erfahrung glaube ich, die Methode so weit ausgearbeitet zu haben, daß sie von jedem ausgeführt werden kann. Ferner wurde die Beschränkung auf eine Jahreszeit durch Zucht von Spinnen weitgehend überwunden. Alle bei Durchführung des Tests und Zucht der Spinnen im Winter gemachten Erfahrungen sind im folgenden erwähnt, so daß man nach Durchlesen selber anfangen kann zu arbeiten.

Die Ergebnisse bei der Prüfung von Substanzen, die in Einzelheiten größtenteils bereits publiziert sind, sind hier kurz zusammengefaßt. Eine solche Übersicht

fehlte bisher. Auf Grund der Übersicht sollte es möglich sein, eine unbekannte Substanz einzuordnen, wenn sie eine Wirkung auf den Netzbau der Spinne zeigt. Dies scheint besonders wichtig im Hinblick auf das aktuelle Problem der biologischen Testung von Körperflüssigkeiten Geisteskranker; wird doch von vielen die Hypothese vertreten, daß bei Geisteskrankheiten, oder zumindest bei den in ihrem Verlauf auftretenden Delirien, im pathologisch veränderten Stoffwechsel des Menschen halluzinogene Substanzen auftreten (GERARD 1955; WITT 1956a). Verdächtig wurden dabei alle jene Substanzen, die beim Gesunden delirienähnliche Zustände verursachen und die Stoffen ähnlich sehen, die schon im normalen Stoffwechsel auftreten. Bisher ist aber niemals eine solche Substanz im Körper eines kranken Menschen nachgewiesen worden (KEUP 1954).

Die Spinnen reagieren nun auf eine ganze Reihe der verdächtigen Substanzen in ihrem Netzbau spezifisch. So zeigten sie Netzbauveränderungen nach Mescaline (WITT 1954), dem zusammen mit 3,5 Dijod-4-methoxy-phenäthylamin nach JATZKEWITZ u. NOESKE (1951) als vielleicht im Körper entstehendes biogenes Amin „eine mögliche Bedeutung nicht abzusprechen ist“; sie reagieren spezifisch auf Adrenochrom (WITT 1954), das HOFFER, OSMOND u. SMYTHIES (1954) beim Menschen halluzinogen wirksam fanden, woraus sie die Hypothese entwickelten, daß der fehlgeleitete fermentative Abbau des Adrenalins im Körper zu einer Adrenochromanreicherung führt und damit die Delirien erklärt werden könnten; Spinnen reagieren spezifisch auf d-Lysergsäure-diäthylamid (WITT 1951), und von BLICKENSTORFER (1952) wurde hauptsächlich die Hypothese verfochten, daß diese Substanz möglicherweise im kranken Körper als Spurenstoff auftritt.

Der Spinnentest bietet eine neue Aussicht dafür, all diese Hypothesen der Genese von Geisteskrankheiten zu überprüfen, indem Körperflüssigkeiten von Delirierenden an Spinnen verfüttert werden und dann ihr Netzbau beobachtet wird. Voraussetzung ist allerdings dabei, daß die Körperflüssigkeiten in einer Weise von Begleitstoffen befreit werden, wie es z. B. von WEBER (1953) beschrieben worden ist.

Ferner erweist sich der Test als eine neue Möglichkeit für die Differenzierung der Wirkung zentralnervös angreifender Substanzen. Bei der Prüfung am Menschen besteht hier die Schwierigkeit einer starken interindividuellen und sogar intra-individuellen Streuung der Wirkung (KRAEPELIN 1892; BERINGER 1927; BONHOFF u. LEWRENZ 1954), da das tiefgreifende Rauscherlebnis wesentlich durch die Person und ihre augenblickliche Einstellung mitgeformt wird. Die Spinne, die mit dem höchstkonzentrierten Zentralnervensystem der Wirbellosen anatomisch eine gewisse Parallelität zum hochkonzentrierten Zentralnervensystem des Menschen in der Wirbeltierreihe zeigt, erweist sich als günstiges Modell, da sie nicht so stark von Individuum zu Individuum schwankt, sie im Experiment in großer Zahl eingesetzt werden kann und sie uns im Netz eine hochdifferenzierte objektive Beschreibung des Funktionszustandes ihres Zentralnervensystems liefert. Es ist also nicht verwunderlich, daß sich die Wirkung gerade der am Zentralnervensystem angreifenden Substanzen im Spinnentest besonders gut auseinanderhalten läßt.

Die Anschaulichkeit des Tests, die Benutzung des beinahe aber nicht vollkommen regelmäßigen und daher ästhetisch schön wirkenden Spinnennetzes als Registrierkurve, ist ein Vorteil und eine Gefahr. Der Test ist in Zeitungen und Zeitschriften öfters besprochen worden (Die Welt 1949, Life 1954, Scientific American 1954, Schweizer Illustrierte 1955), ehe er seine Bewährungsprobe ablegen

konnte. Deshalb scheint es wichtig, daß seine Ergebnisse zusammengefaßt werden. Die Anschaulichkeit ist auch der Grund dafür, daß der Text mit ungewöhnlich viel Bildern illustriert wurde. Die Bilder sollen die Materie nahe bringen und den Leser zur eigenen Beurteilung der Substanzwirkung üben.

Die substanzbedingte Veränderung liegt im Verhalten der Spinne, und das fertige Netz ist nur ein Niederschlag eines vom Verhalten gesteuerten komplizierten Bewegungsmechanismus. Nur nach Kenntnis des normalen Verhaltens kann das veränderte gedeutet werden. Dies ist der Grund, weshalb das normale Netzbauverhalten auch diskutiert wird.

Da Substanzen geprüft wurden, deren Wirkung auf den Menschen interessiert, hat sich immer wieder die Frage nach der Vergleichbarkeit der Wirkung bei Mensch und Spinne gestellt. Ich glaube, daß das Anwendungsgebiet des Tests hauptsächlich die biologische Identifizierung von Substanzen ist, nicht das Hineinsehen menschlicher Traumbilder in veränderte Netzfiguren. Ein solcher Vergleich ist nicht berechtigt, da die Traumbilder einem seelischen Bereich entstammen, dessen Vorhandensein bei der Spinne höchst unwahrscheinlich ist. Der Netzbau stellt schließlich nichts weiter als eine sensorisch-motorisch gelenkte Instinkthandlung dar. Allerdings spielt dabei eine wichtige Rolle für die Empfindlichkeit des Netzbauens als pharmakologischer Test, daß wir es hier mit einer differenzierten *spontanen* Leistung zu tun haben. Fast jede Testmethode am Menschen benutzt dagegen die Beobachtung erlernter und von außen geforderter Leistungen, welche letztere im allgemeinen medikamentös schwerer zu beeinflussen sind (siehe unten: Largactil). Aber gerade die Tatsache, daß man mit der gleichen Substanz eine Wirkung bei Mensch und Spinne erhält, sozusagen einen ähnlichen *Wirkungschemismus* findet, macht es notwendig, daß alles Material, das einem Vergleich dienen kann, zusammengetragen und gesichtet wird. Dem dient die aus der Literatur gewonnene Übersicht der Substanzwirkungen am Menschen, die den Ergebnissen der Spinnenversuche jeweils gegenübergestellt ist.

Schließlich können wir die bekannten Tatsachen über den Netzbau und über den Stoffwechsel der Wirbellosen mit den beobachteten Substanzwirkungen zusammenfassen, um daraus eine Hypothese der Wirkung zentralnervös angreifender Mittel für die Spinne aufzustellen. Die weitere experimentelle Überprüfung einer solchen Hypothese stellt ein Programm für die Zukunft dar.

Das Netz der Spinne *Zilla-x-notata*

Die Abb. 1 u. 2 zeigen Netze von 2 verschiedenen Individuen *Zilla-x-notata* Cl. Die 2 Netze sind von verschiedener Größe und Form. Uns interessiert hier das den dreien und damit allen *Zilla*-Netzen Gemeinsame, das wir im folgenden benennen wollen: (Siehe auch Abb. 3 und 4).

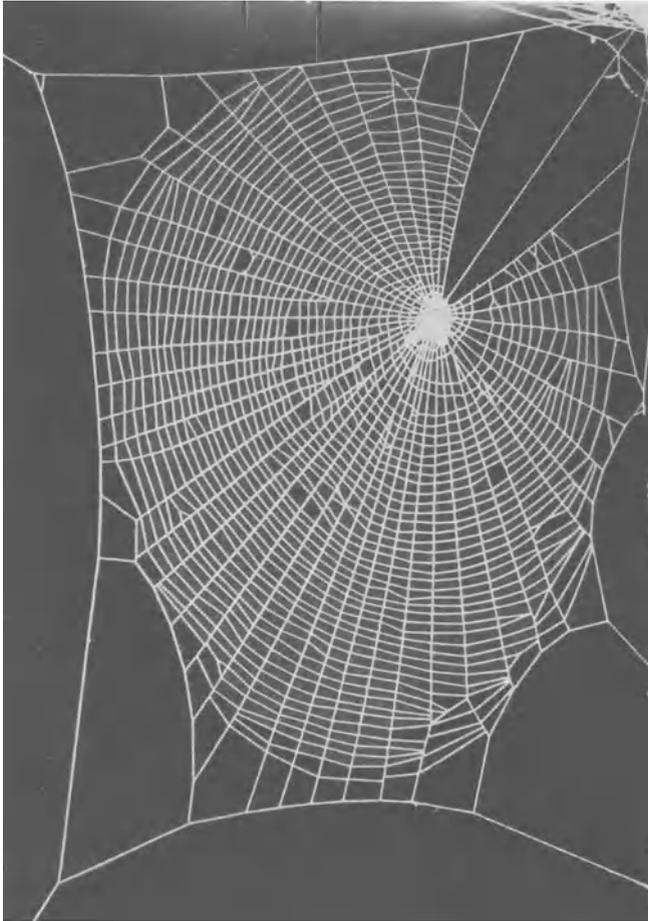


Abb. 1. Normales Netz von *Zilla-x-notata* Cl.

Der *Sitzplatz* der Spinne liegt jeweils in der rechten, oberen Ecke unserer Bilder; er muß in der Natur nicht immer in der Netzebene liegen. Draußen finden wir ihn an einem natürlich geschützten Platz, in einer Mauerspalle oder an einer Blattunterseite, im Laboratorium in einer Papiertüte von etwa 8 mm Öffnungsdurchmesser und 60 bis 80 mm Tiefe. In diesen Schlupfwinkel hinein hat die Spinne ihre Wohnröhre gesponnen, ein dichtes Geflecht von weiß erscheinenden Fäden,

das in der Mitte eine innen glatte, längliche, vorne offene Röhre freiläßt. Diese Röhre bildet den Aufenthaltsort der Spinne; hier sitzt sie, die Vorderbeine auf einem in das Netz führenden Faden liegend, dessen Erschütterungen ihr anzeigen, daß im Netz etwas vorgeht.

Der *Signalfaden* verbindet die Spinne im Schlupfwinkel taktil mit der Nabe des Netzes und durch die von dort ausstrahlenden Fäden indirekt mit allen Teilen des

Netzes. Er führt ohne Berührung mit einem anderen Netzfaden durch den *freien Sektor* und ist so kräftig gebaut — wohl immer aus mehreren Fäden nebeneinander —, daß die Spinne daran entlang laufen kann.

Die *Nabe* liegt nicht in der Mitte des Netzes, da dies in senkrechter und waagerechter Richtung asym-

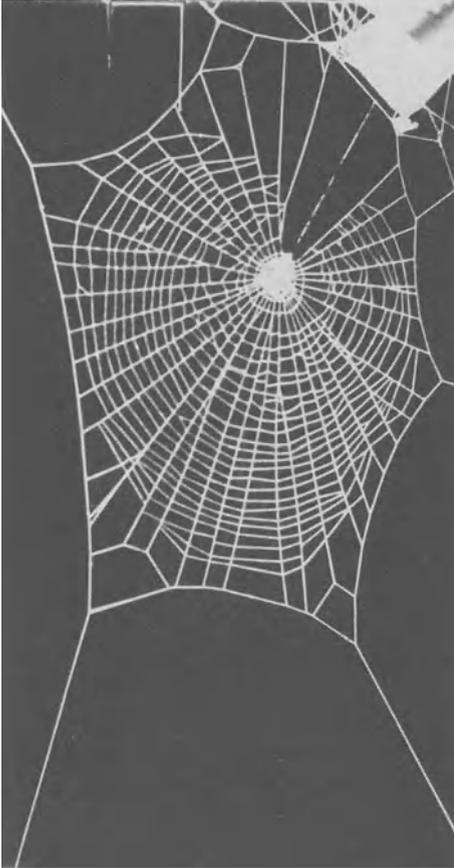


Abb. 2.

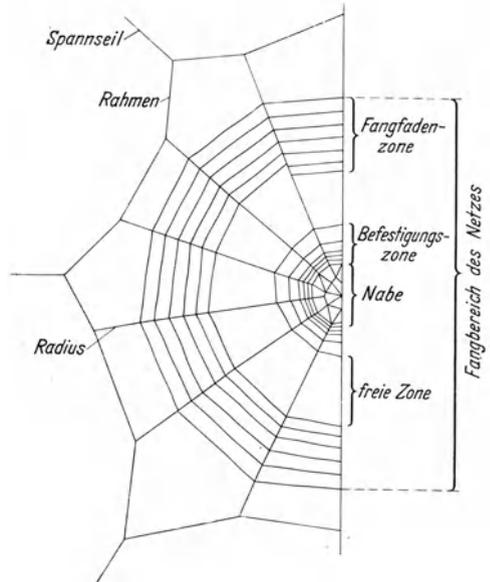
Abb. 2. Normales Netz von *Zilla-x-notata* Cl.

Abb. 3.

Abb. 3. Schematische Darstellung des Radnetzes mit Bezeichnung der Netzteile nach WIEHLE

metrisch gebaut ist. In ihr laufen die Radialfäden zusammen, wobei sie sich allerdings nicht in einem Punkt treffen, sondern in einem Geflecht. Die Abb. 5 und 6 stellen meines Wissens die ersten Photographien einer solchen Nabe dar. (Zum Vergleich siehe TILQUIN 1942). Durch diese Konstruktion ist sie weniger verletzlich, als wenn alle Fäden in einem Punkt zusammenliefen, und der Zug der Radialfäden ist besser verteilt. Ob die Nabe bei *Zilla* auch eine Bedeutung als Sitzplatz hat (*Zilla* sitzt nach eigenen Beobachtungen nur Nachts manchmal in der Mitte) oder der phylogenetische Überrest des Sitzplatzes entwicklungsgeschichtlich älterer Spinnen ist, wissen wir nicht. Während des Baues hängt eine Gespinstflocke

in der Nabe, die am Ende des Baues hinausgebissen wird. So bleibt oft, aber nicht immer, ein Loch in der Mitte des Nabengewebes zurück.

Die *Radien* verbinden Nabe und Rahmen. Sie verlaufen gerade oder beinahe gerade, durch die Spiralfäden leicht verzogen und liegen annähernd in einer fast senkrechten Ebene. Sie werden meist in Verbindung mit Rahmenfäden gebaut.

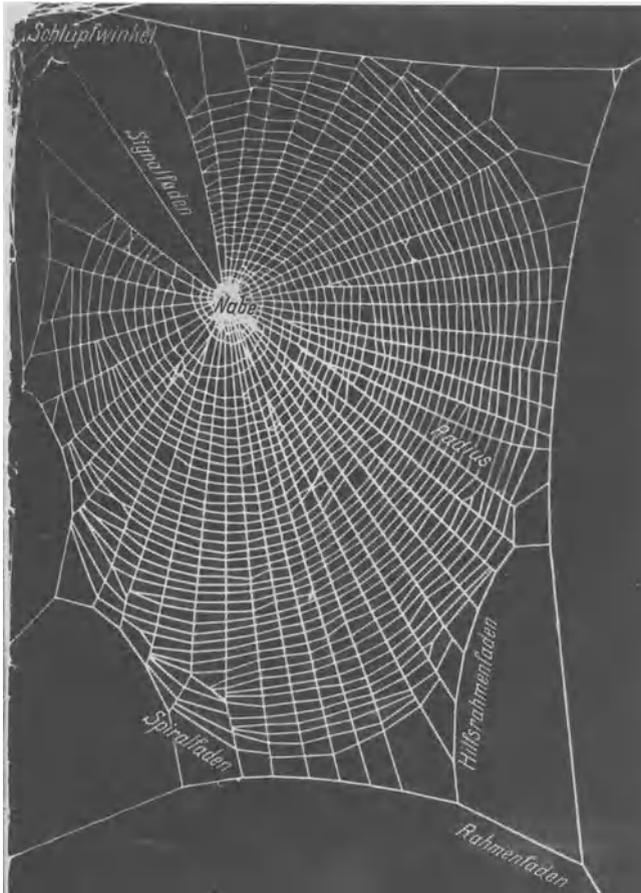


Abb. 4. Netz von *Zilla-x-notata* Cl. mit den im Text verwendeten Bezeichnungen der Teile

Radien, die in eine Ecke des Rahmens führen, können statt direkt am Rahmen an einem Hilfsrahmenfaden ansetzen (Abb. 7). Die Radien sind etwa gleichmäßig auf alle Seiten der Nabe verteilt, meist oben etwas weniger als unten.

Die Radien sind von der *Klebspirale* besponnen, die bei jeder Kreuzung mit einem Radius an diesem befestigt ist. Sie füllt den von den Radien bedeckten Raum teils in Pendelzügen, teils in Umgängen, die nur den Sektor, durch den der Signalfaden geht, freilassen. Die Klebspirale reicht nicht ganz bis zur Nabe, sondern läßt einen Raum in der Mitte unbesponnen, die *freie Zone*. In der freien Zone können noch Reste der Hilfsspirale stehen, einem Netzteil, der im fertigen Netz fast vollständig beseitigt ist.

Die äußere Begrenzung des Netzes bilden die *Rahmenfäden*, die auch das Netz in der Umgebung verankern. Es sind kräftige, der Form der Äste oder anderen Ankerplätzen angepaßte Fäden, die ein unregelmäßiges Vieleck umschließen. Sie

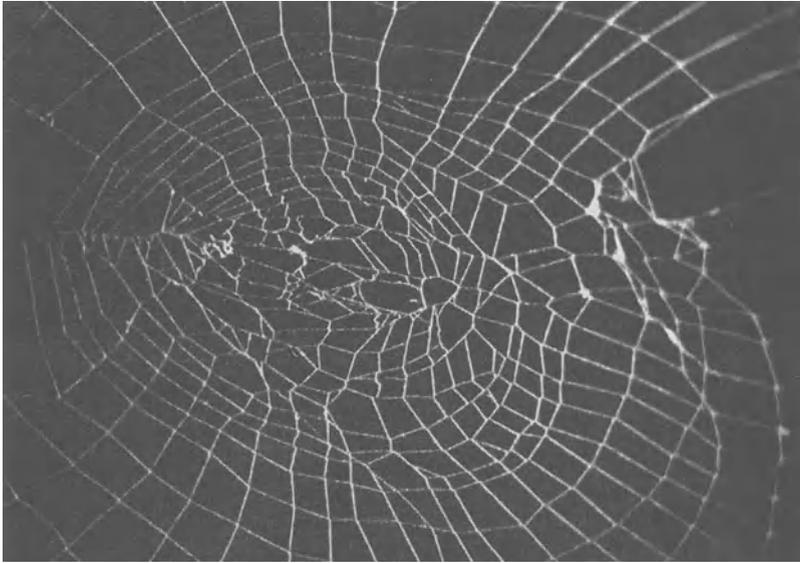


Abb. 6.

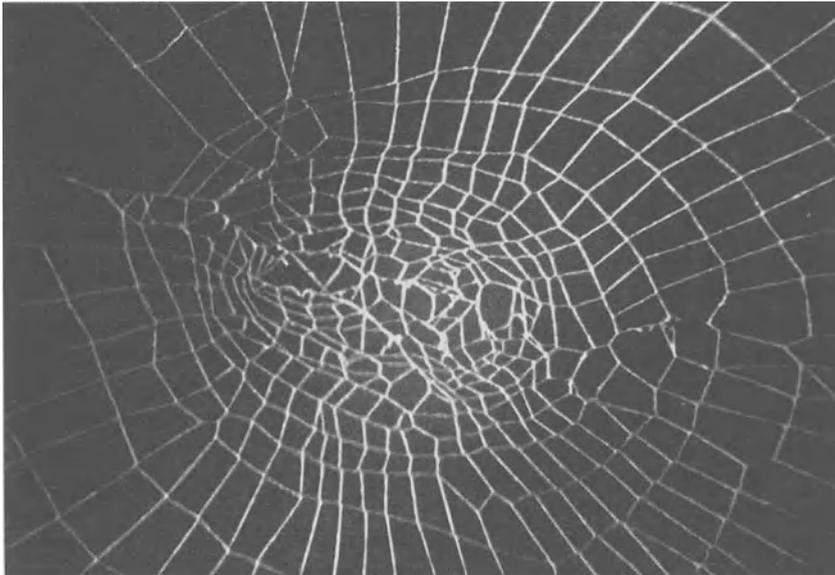


Abb. 5.

Abb. 5. Nabe des Netzes von *Zilla-x-notata* Cl., vergrößert

Abb. 6. Nabe eines anderen Netzes von *Zilla-x-notata* Cl.

sind auch am Sitzplatz verankert und werden im Laboratorium am immer gleichgroßen Holzrahmen befestigt. Bei gleichbleibenden Außenbedingungen (Holzrahmen) kann sich, wie ich beobachtet habe, hier eine gewisse Individualität der Spinne äußern. (Siehe unten.)

Das fertige Netz entsteht durch eine komplizierte und genau festgelegte Folge von Bewegungen der Spinne, sein Bau gliedert sich in deutlich zu unterscheidende Phasen, und Störungen in der Netzregelmäßigkeit können nur aus Störungen des Bewegungsablaufes erklärt werden (WITT 1952). Das Verständnis der Netzform setzt also die Kenntnis des Netzbaues voraus, der deshalb im folgenden besprochen werden wird. Dazu haben wir die Beschreibung des besten Kenners des Netzbaues,

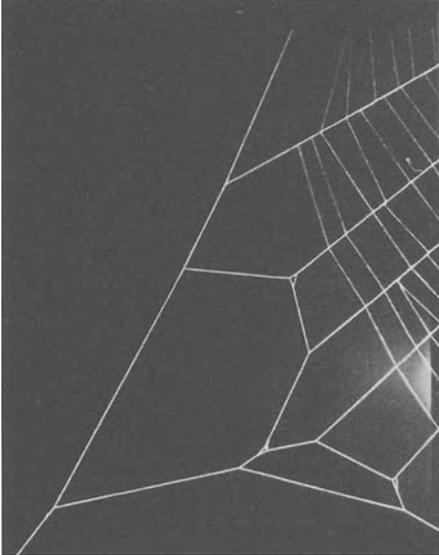


Abb. 7. Vergrößerung aus der linken unteren Ecke eines Netzes von *Zilla-x-notata*: Rahmenfäden, Hilfsrahmenfäden und Radien

HANS M. PETERS, gewählt (1939a), der sich auf eigene Beobachtungen und die Beschreibungen WIEHLES (1927, 1931) stützt. Für das Zilla-Netz und das hier beschriebene Kreuzspinnennetz bestehen dabei keine prinzipiellen Unterschiede.

Die Herstellung des Netzes

PETERS (1939a) schreibt:

1. Als ersten Faden beobachtet man etwa einen mehr oder weniger horizontalen Faden. Er entsteht beispielsweise so, daß die Spinne von einem festen Punkt aus einen Faden fliegen läßt, der vom Luftzug fortgetragen wird. Bleibt er irgendwo haften, so wird er von der Spinne angestraft und begangen. Er ist jedoch kein endgültiger Netzfaden, sondern ein Hilfsfaden.

2. Die Spinne beißt ihn durch (Abb. 8a bei +), hält ihn aber noch vorn mit den Vorderbeinen und hinter sich mit den Hinterbeinen fest (Abb. 8b). Wenn das Tier dann (in der Richtung des Pfeiles) weiterläuft, knäuelnd es den Faden vor sich auf, läßt aber hinten viel mehr Faden austreten, als vorne zusammengegriffen wird. Die Spinne sinkt deshalb ein ganzes Stück ab, und wenn sie dann die beiden Fadenstücke bei *M* wieder zusammenklebt, ist der ursprünglich straffe Faden beträchtlich eingeknickt.

3. Von *M* aus läßt sich die Spinne an einem neuen Faden auf eine feste Unterlage herabsinken. Sie fixiert ihn dort, und damit ist das Grundgerüst des Netzes fertig (Abb. 9). Um das Folgende zu verstehen, muß man stets daran denken, daß die Spinne bei der Fortbewegung ständig einen Faden hinter sich herzieht (Abb. 8c). Sie führt ihn mit einem Hinterbein und läßt ihn durch dessen Klauen wie über eine Rolle laufen. Fixiert sie den Faden irgendwo, so geht von dort stets wieder ein neuer Faden aus, denn die Produktion der Spinndrüsen geht immer weiter.

4. Von *M* aus werden nun nach allen Richtungen hin Radiälfäden angelegt. Die ersten von ihnen entstehen in einheitlicher, geschlossener Bewegungsfolge *zusammen mit Rahmenfäden*. Die Spinne (Abb. 8d) läuft beispielsweise mit ihrem bei *M* fixierten Faden nach *A*, fixiert ihn dort und kehrt nach *M* um. Von *M* aus

führen dann 2 Fäden nach A , einmal der schon ursprünglich vorhandene Faden MA und der Faden MBA . Dieser letztere liegt vorerst dem anderen ziemlich dicht an. Indem die Spinne aber MBA als Rückweg benutzt, zieht sie ihn durch

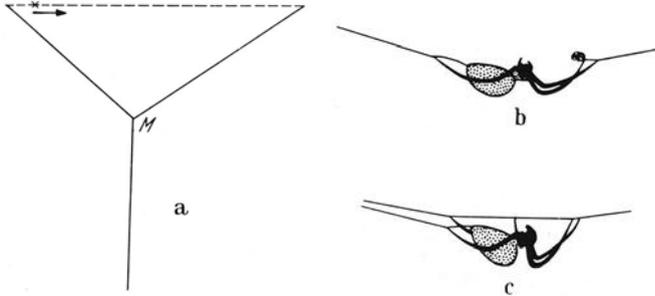


Abb. 8 a—c. Beginn des Netzbaues, schematisch, nach PETERS

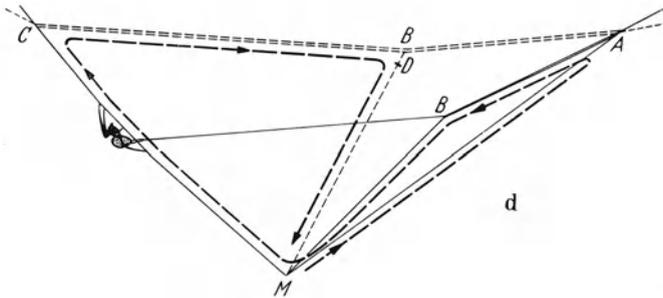


Abb. 8 d. Radienbau, schematisch, nach PETERS

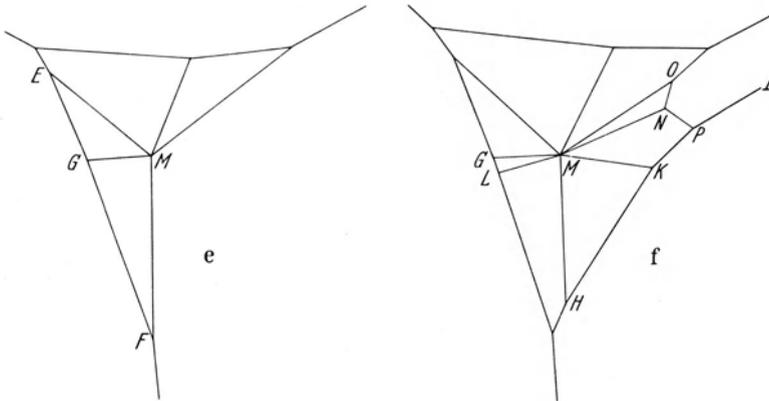


Abb. 8 e, f. Radienbau, Fortsetzung, nach PETERS

ihr Gewicht nach unten. Von A geht wieder ein neuer Faden aus. Die Spinne fixiert ihn nach kurzem Weg, etwa bei B , so daß das Stück AB verdoppelt ist. Mit dem von B ausgehenden neuen Faden läuft das Tier über M nach C . Dabei strafft es den von den Spinnwarzen aus nach B führenden Faden immer mehr an, so daß der Faden MBA bei B immer stärker einknickt. Schließlich fixiert die Spinne ihren Faden bei C . Von C aus läuft das Tier nach B zurück und verdoppelt dabei das

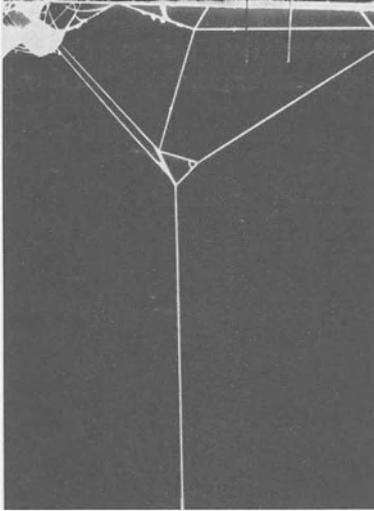


Abb. 9. Angefangenes Netz, erste Fäden

Stück *CB* in der bekannten Weise. Damit ist der Rahmenfaden *AC* fertiggestellt. Mit ihm zugleich ist aber die Speiche *BM* entstanden. Doch ist diese noch kein endgültiger Rahmenfaden. Denn wenn die Spinne nunmehr von *B* nach *M* zurückkehrt, beißt sie bei *D* durch, so daß sie sich wieder in der in 9b dargestellten Lage befindet. Indem sie nach *M* läuft, knäuelte sie das Fadenstück vor sich auf und läßt zugleich einen längeren Faden hinten austreten. Auf diese Weise und durch den elastischen Zug der Fäden wird der vorher bei *B* entstandene scharfe Knick ausgeglichen.

5. Nachdem nach dem gleichen Schema die noch fehlenden Rahmenfäden (*EF* Abb. 8e, *HP* Abb. 8f) mit ihren Radialfäden hergestellt worden sind, füllt die Spinne das Gerüst

nunmehr mit Radialfäden aus, höchstens daß noch sog. sekundäre Rahmenfäden angelegt werden (*OP* Abb. 8f, Abb. 7).

Bei der Herstellung eines Radialfadens läuft das Tier beispielsweise von *M* aus mit einem dort fixierten Faden an der Speiche *MG* (Abb. 8f) zur Peripherie. Sie fixiert ihren Faden in geringem Abstand (bei *L*) und kehrt dann auf ihm zum Zentrum zurück; dabei beißt sie ihn jedoch nahe am Rahmen durch und ersetzt ihn durch eine neue Speiche.

Die Aufeinanderfolge der Radialfäden wird nun von 2 Grundregeln beherrscht. Nach der ersten wechselt die Spinne immer wieder die Richtung, in der sie die Speiche einsetzt. Wichtiger ist die zweite Regel: Die auf die zuallererst (mit den Rahmenfäden) hergestellten folgenden Speichen

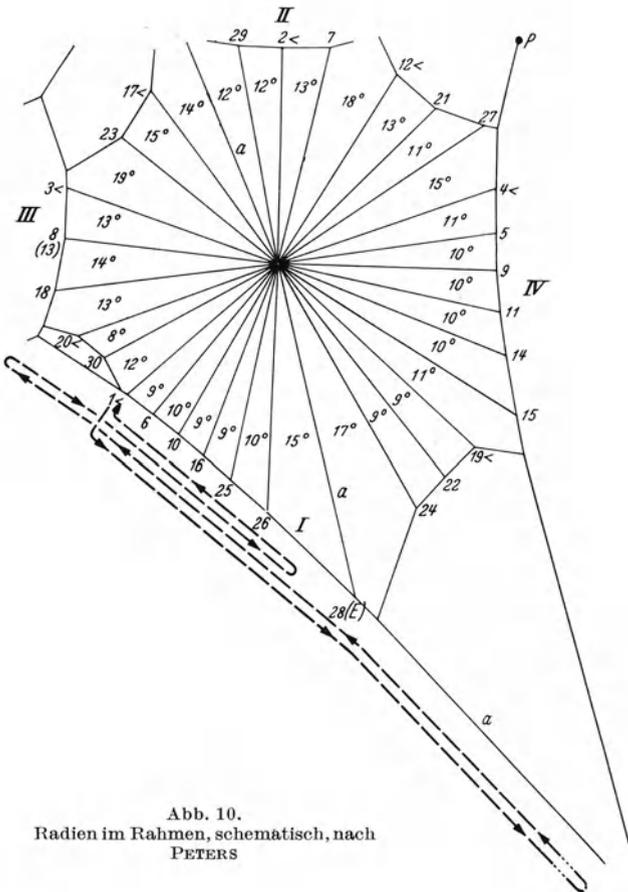


Abb. 10. Radien im Rahmen, schematisch, nach PETERS

folgen *von oben nach unten* aufeinander, und zwar im Abstand *eines* Sektors, also in minimalem Abstand überhaupt. Abb. 10 mag diese beiden Regeln erläutern. Sie lehrt zugleich, daß hier und da ein anormal großer Sektor die Regelmäßigkeit der Anordnung stört, etwa bei a (siehe auch Abb. 11). An solchen Stellen war der Zwischenraum nicht so groß, daß an die betreffenden Speichen ein weiterer Sektor (an 24 und 26) hätte angesetzt werden können (dieser dann etwa $9-10^\circ$). Unregelmäßigkeiten können auch dort entstehen, wo die Spinne besonders komplizierte Bewegungen auszuführen hat, so bei 12, wo die Spinne zugleich mit dem Radialfaden einen sekundären Rahmenfaden herstellen mußte.

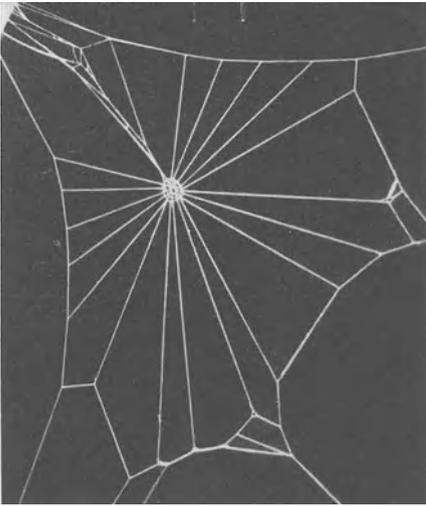


Abb. 11.

Abb. 11. Radien im Rahmen, Aufnahme

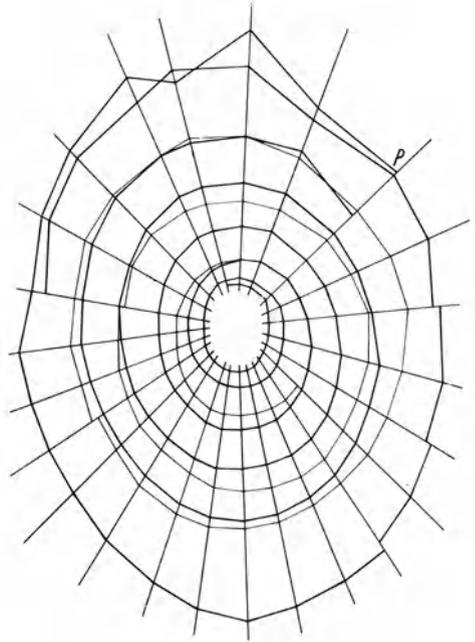


Abb. 12.

Abb. 12. Hilfsspirale des Netzes einer adulten Kreuzspinne und äußerster Klebfadenumfang. Zeichnung nach der Natur von PETERS

6. Schon während des Speichenziehens verbindet das Tier im Zentrum die einzelnen Radien durch in engen Spiralwindungen herumlaufende Fäden. Die letzten Windungen der auf diese Weise entstehenden, von WIEHLE so genannten Befestigungszone, werden erst nach Beendigung des Speichenziehens angefertigt; ihre Umgänge erweitern sich plötzlich ganz beträchtlich und nähern sich in großen Windungen der Peripherie des Netzes: Die Befestigungszone geht in die Hilfsspirale über (Abb. 12, Abb. 13). Dieser Faden, der nachher wieder abgebaut wird, hält die Radialfäden in ihrer Lage fest und dient der Spinne überdies bei der Herstellung der Klebfäden als Brücke von einer Speiche zur anderen.

7. Mit dem Einsetzen der Klebfäden beginnt das Tier weit außen (Abb. 14) und schreitet in spiraligen Umgängen langsam gegen das Zentrum vor. Die Bewegungen der Spinne bei dieser Tätigkeit hat McCOOK (1889) eingehend geschildert (Ende der Schilderung von PETERS). Die Bewegung ist dann von JAKOB-KLEEMANN (1953) im Film beobachtet und ein Normaltyp des Bewegungsrhythmus herausgearbeitet worden; WITT (1952) hat sie weiter analysiert, worauf später

eingegangen werden wird. Während des Baues der Klebspirale wird die Hilfsspirale laufend abgebaut, so daß sie von außen nach innen nach und nach verschwindet (Abb. 14).

8. Der Bau der Klebspirale wird kurz vor Erreichung der Nabe abgebrochen (freie Zone), die Spinne läuft zur Mitte, wo sie ein Flöckchen weißen Gespinstes herausbeißt und begibt sich dann über den Signalfaden in die Warte, wo sie die Lauerstellung einnimmt. Der Netzbau ist beendet, die Dauer dafür ist etwa $\frac{1}{2}$ Std.

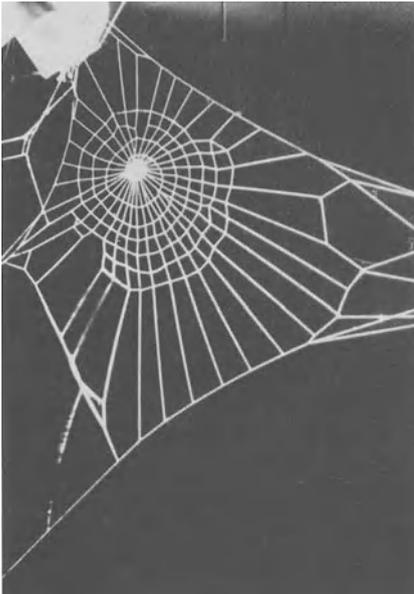


Abb. 13.

Abb. 13. Hilfsspirale in einem Zilla-Netz, gerade begonnen

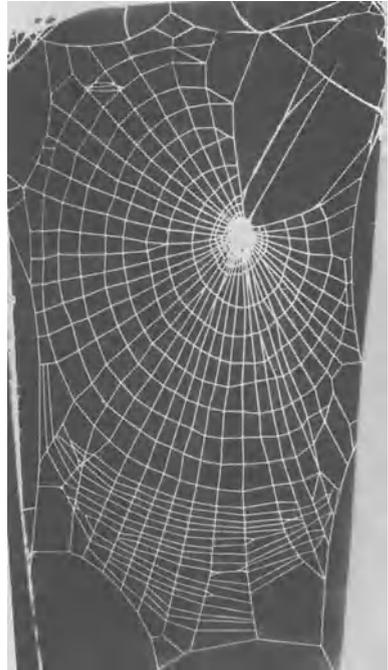


Abb. 14.

Abb. 14. Etwas später als Abb. 13 ist die Klebspirale begonnen

Analyse des Netzbauverhaltens

Der Netzbau tierpsychologisch gesehen

Beim Netzbau der Spinne *Zilla-x-notata* Cl. handelt es sich um eine „erbliche Artreaktion, die bei sämtlichen Individuen der gleichen Species stets in der nämlichen Art in Erscheinung tritt.“ (BRUN 1914, 1924). Das heißt, daß die besondere Netzform Zilla angeboren ist und von ihr ohne Erlernen immer nach dem gleichen Schema ausgeführt wird. Zum Beweis seien die Beobachtungen von DAHL (1885) angeführt, die auch von PETERS u. WITT bestätigt wurden, daß nämlich die junge Zilla zuerst ein Netz ohne freien Sektor baut, in dessen Mitte sie auf Beute lauert, genau wie ihre entwicklungsgeschichtlich ältere Schwester *Aranea*. Eines Tages beginnt sie einen freien Sektor und Signalfaden zu bauen, ohne diese am Anfang schon zu benutzen; sondern sie sitzt noch in der Mitte des Netzes. Bei weiterem

Heranwachsen geht sie dann mehr und mehr in ihren Schlupfwinkel am peripheren Ende des Signalfadens.

Folgende Beobachtung ist in diesem Zusammenhang wichtig: Junge Spinnen werden nach dem Schlüpfen in ein enges Glas gebracht, in dem sie kein Netz bauen können, sondern künstlich ernährt werden müssen. Nach einigen Wochen läßt man die herangewachsenen Tiere heraus, und sie bauen ohne jegliche Vorübung das Netz des erwachsenen Tieres, zu dessen Bau sich die Fähigkeit in ihnen in der Zwischenzeit entwickelt hat (PETRUSEWICZOWA 1938, MAYER 1953).

Die Funktion des Netzes ist das Fangen von Nahrung, und deshalb wird unter anderem der Hunger die Stimmung sein, unter deren Einfluß der Bau normalerweise begonnen wird. Sicher ist Hunger aber nicht der einzige Anstoß zum Bau, und die Argumente dafür und dagegen werden weiter unten erörtert werden. Nehmen wir einen solchen Anstoß als wahrscheinlich an, dann würden wir den Netzbau im Sinne der Nomenklatur von SEMON-FOREL-BRUN als einen Instinktautomatismus bezeichnen. Das heißt, wir haben eine erbliche Artreaktion vor uns, wobei ein äußerer Reiz einen komplexen, mehr oder weniger plastisch vorgebildeten Mechanismus anstößt. Beim Aufhören des Anfangsreizes kann dann nach BRUN entweder Reizsuche oder Einsetzen eines sekundären Richtungsengrammes vikariierend für das Aufgehörte eintreten.

Eine Erklärung des Netzbaues auf mehr chemischer Basis würde uns die pharmakologische Wirkung besser verstehen lassen. Wir ziehen deswegen zum Vergleich mit dem Netzbau das Spinnen des Kokons der Seidenraupe *Cecropia*, wie er von VAN DER KLOOT u. WILLIAMS (1953 a u. b, 1954, 1955) analysiert wurde, heran. Dies ist eine sehr viel einfachere Handlungsfolge, aus nur zwei Arten von Bewegungen zusammengesetzt, und das ist vielleicht auch der Grund dafür, daß sie so viel besser als der Netzbau der Spinne analysiert worden ist.

VAN DER KLOOT u. WILLIAMS kommen zu dem Schluß, daß die Gesamthandlung sich aus reflexartigen Antworten auf Außenreize und aus von solchen unabhängigen Automatismen zusammensetzt. Dabei bestimmt die innere Umgebung das räumlich-zeitliche Verhalten beim Kokonspinnen wesentlich mit. Unter Heranziehung einer weiteren Arbeit von WILLIAMS (1951) können wir uns den Netzbau folgendermaßen vorstellen: Der Hungerzustand der Spinne erzeugt eine bestimmte chemische Lage im Körper, die man als Stimmung bezeichnen kann. Nur in dieser Stimmung kommt ein Reiz zur Wirkung, der sonst keinen Receptor findet. Dieser Reiz ist wahrscheinlich die sinkende Temperatur (siehe unten), die bei einem bestimmten Minimum oder Abfallgeschwindigkeit die Spinne zum Beginn der Netzbautätigkeit veranlaßt. Die Vollendung des ersten Fadens bringt die Spinne in eine neue Stimmung, die sie auf den bestimmten Reiz ansprechen läßt usw. Ein Netz wird nun nicht gebaut, wenn entweder eine bestimmte Stimmung nicht mehr eintritt oder ein Reiz nicht mehr perzipiert wird, nicht mehr verarbeitet wird, nicht mehr beantwortet wird, weil die ausführenden Organe funktionsuntüchtig sind oder weil medikamentöse Störungen das Zusammenspiel beeinträchtigen.

Auslösung des Netzbaues

Die erwachsene Spinne *Zilla-x-notata* Cl. baut ihr Netz zu bestimmten Jahreszeiten täglich in den frühen Morgenstunden ab 2.00 Uhr, aber nach meinen Beobachtungen (mit einer einzigen Ausnahme) nie während des Tages oder Abends.

Die Ausnahme beobachtete ich bei einer Spinne, die im Sommer 1954 nach Einsetzen in den Rahmen am Vormittag sogleich zu bauen begann und als ich dies Netz zerstörte, sogleich wieder baute. Sonst bauten alle Tiere, die ich im selben Raum beobachten konnte, fast zur gleichen Zeit, das heißt die letzte begann nie mehr als 1 Std nach der ersten mit dem Bau des Netzes. Es muß also einen Faktor geben, der bei allen Spinnen gleichzeitig den Netzbau auslöst. Allerdings wurden zu verschiedenen Jahreszeiten ganz verschiedene Netzbauzeiten eingehalten, wobei im Juli nach meinen Beobachtungen wesentlich früher (2.00 Uhr) als im August oder September (5.00 Uhr) gebaut wurde. Ich habe keine systematischen Beobachtungen angestellt, aber meine Beobachtungen stimmen mit den in der Literatur angegebenen (SPRONK 1935, WOLFF u. HEMPEL 1951) überein.

Die meisten Untersuchungen, über die berichtet wird, beschäftigen sich mit dem Einfluß äußerer und innerer Faktoren auf die Netzbauhäufigkeit, nicht auf die Bauzeit. WOLFF u. HEMPEL (1951) schreiben: „Die Netzbauzeit ändert sich jahreszeitlich. In der Hauptzeit unserer Versuche (Juni bis Oktober) fand eine Verschiebung um 2 bis 3 Std statt.“ Später: „Bauzeit Mitte August um 5.00 Uhr.“ Die Autoren geben sonst keine Zahlen an. SPRONK 1935 hat gerade bei Zilla die Abhängigkeit der Netzbauzeit von verschiedenen Außenbedingungen untersucht. Er beobachtete die Tiere von Mai bis November und kam zu dem Schluß, daß der Netzbau in allen Fällen nur während des nächtlichen Temperaturabfalls und -minimums stattfindet, nie während des Temperaturmaximums oder -anstieges. Hält man die Tiere im Thermostaten bei gleichmäßiger Temperatur, soll der Netzbau ganz wegfallen. Dafür sprechen auch die unten angeführten eigenen Versuche, wobei die Netzbauhäufigkeit bei konstanter Temperatur ständig abnahm, allerdings die Zeit unbeeinflusst blieb. Auch haben Beobachtungen an Seidenraupen gezeigt (VAN DER KLOOT, WILLIAMS 1953 a u. b), daß diese Tiere durch vorübergehende Abkühlung zum Spinnen gebracht werden können.

Viel mehr Untersuchungen als über die Netzbauzeit liegen über die Einflüsse vor, die die Netzbauhäufigkeit bestimmen. Diese muß uns auch besonders interessieren, weil sie durch Medikamente zu beeinflussen ist.

Das Netz dient ja dem Fang von Beute, die den Hunger der Spinne stillen soll. Es ist also von vornherein anzunehmen, daß der Hungerzustand einen starken Antrieb zum Netzbau bildet. Alle Autoren, die hierüber Beobachtungen angestellt haben, stimmen darin überein, daß eine überfütterte Spinne kein Netz baut (WIEHLE 1927), eine ausgehungerte dagegen täglich eines, wahrscheinlich sogar ein größeres (PETERS 1939 b). Andererseits werden auch Netze gebaut, die den Zweck des Beutefanges nicht mehr erfüllen (Abb. 15), also eine Art Leerlaufhandlung darstellen.

2 eigene Beobachtungen dienen als Belege dafür: Kurz nach der Häutung wurden öfters Netze gebaut, die keine Spirale, sondern nur Radialfäden enthielten (Abb. 11). Als ich eine Fliege in einem solchen Netz befestigte, nahm die Spinne sie nicht, war also nicht zum Fressen bereit. Hier hat der Netzbautrieb unvollständig, ohne erkennbare Ursache und Ziel gewirkt. Ferner dient als Beispiel das völlig veränderte Netz unter der Einwirkung einer hohen Dosis von Coffein (Abb. 15), das mit großer Mühe zu einer gewissen Vollendung gebaut wurde, ohne daß es noch zum Fangen einer Fliege geeignet war.

Wenn wir den Einfluß wechselnden Hungers dadurch ausschalten, daß wir die Spinne immer gleichmäßig mit einer empirisch ermittelten knappen Diät ernähren, lernen wir andere Faktoren kennen, die den Netzbau fördern oder hemmen.

Ein Neubau des Netzes findet nur statt, wenn das alte nicht mehr zu reparieren ist oder ganz zerstört wurde. Das sehr feine Gewebe ist sehr vielen Beschädigungen ausgesetzt, es kann aber unter günstigen Bedingungen auch im Freien mehrere Tage dem Fliegenfang dienen, ohne daß es erneuert werden muß. Unter experimentellen Bedingungen wurde das Netz täglich zerschnitten, und zwar an den Stellen, wo es am weitesten vom Schlupfwinkel entfernt befestigt war. Das nun nur noch am Schlupfwinkel befestigte Netz schnellte zusammen, und vor dem Häuschen der Spinne entsteht ein Fadenknäuel, das in der nächsten Nacht gefressen wird. Die Beobachtungen über den Bau neuer Netze sind also in 2 Gruppen einzuteilen, die Bauhäufigkeit unter natürlichen und unter experimentellen Bedingungen.

Häufigkeit des Netzbaues unter natürlichen Bedingungen, wobei das alte Netz unzerstört bleibt. Die eingehendsten, wenn auch nicht immer sehr klar aufgezeichneten Beobachtungen darüber verdanken wir QUATREMÈRE DISJONVAL

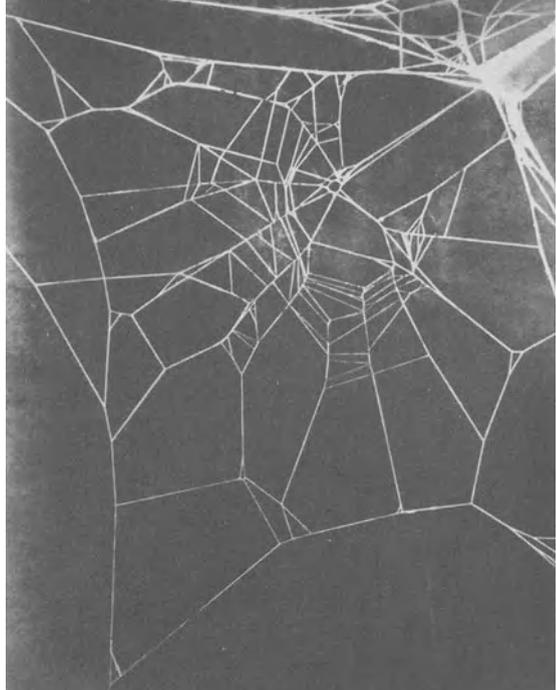


Abb. 15. Netz nach einer hohen Coffein-Dosis

(1797), der viele Jahre lang in seiner Gefängniszelle den Netzbau von Radnetzspinnen beobachtete und ein Buch darüber veröffentlichte. Die Schwierigkeit bei der Auswertung seiner Ende des 18. Jahrhunderts gemachten Aufzeichnungen liegt für uns darin, daß Befund und Deutung vermischt werden. Man ist nicht immer sicher, was auf seinen Beobachtungen beruht, und was er als Zweck hineingedeutet hat. So schreibt er, daß die Spinnen als vorsorgliche Tiere vor einer Regenperiode nicht bauen, *damit* ihr Netz nicht durch Wassertropfen unbrauchbar gemacht wird. Bei veränderlichem Wetter bauen sie (aus dem gleichen Grunde) nur kleine Netze, während sie am Beginn langer Schönwetterperioden sich häuten und dann große Netze bauen sollen. Ebenso zeigt ihr gänzlich Verschwinden im Herbst das Nahen der „mauvaise saison“ an. WIEHLE (1927) schreibt, daß die Spinne ihr Netz, wenn es unbrauchbar geworden und sie hungrig ist, täglich erneuert. Eine eingehendere Untersuchung verdanken wir WOLFF u. HEMPEL (1951), jedoch machten sie ihre Beobachtungen im Laboratorium bei gleichmäßig knapper Ernährung und täglichem Zerschneiden der Netze.

Netzbauhäufigkeit unter experimentellen Bedingungen, wie gleichmäßiger Hungerzustand und täglich zerstörtes Netz. WOLFF u. HEMPEL (1951) setzen meteorologische Daten mit der Bauhäufigkeit in Beziehung. Sie kommen im Laboratorium zu einer Übereinstimmung der Netzbauhäufigkeitskurve mit der Barometerkurve und der Äquivalenttemperatur. Die Autoren sagen wörtlich: „Ein Ansteigen bzw. Abfallen der Äquivalenttemperaturkurve bedeutet ein Auf und Nieder der Netzbauhäufigkeitskurve. Einzelne Abweichungen der Netzbauhäufigkeit, die sich mit der Äquivalenttemperatur nicht erklären lassen, können auf den Einfluß des Luftdruckes zurückgeführt werden. Hält sich nämlich die Äquivalenttemperatur über einen größeren Zeitabschnitt auf gleicher Höhe, dann sehen wir den Luftdruck die Häufigkeit bestimmen. Die Netzbauhäufigkeitskurve präsentiert sich als Interferenzkurve der beiden anderen. Verschiedene Einzelheiten lassen sich beobachten: Gegen Ende der Versuchszeit wird bei dem plötzlich auftretenden Kälteeinbruch zum Winter hin die Bauhäufigkeit nunmehr nur noch von der Äquivalenttemperatur bestimmt, während der gleichzeitig steil ansteigende Barometerstand keinen Einfluß mehr hat. Der Luftdruck scheint sich erst bei einer Mindesttemperatur auswirken zu können, oder anders: Für die Bauhäufigkeit ist zuerst die Temperatur, an zweiter Stelle der Luftdruck maßgebend. Mit dem Absinken der Temperatur läßt der Bautrieb nach . . .“ Wie für die Netzbauzeit scheint die Temperatur also auch für die Netzbauhäufigkeit eine Rolle zu spielen. Wir haben das in eigenen Versuchen nachgeprüft.

Zum Einfluß der Temperatur und des Lichtes auf die Netzbauhäufigkeit der Spinnen (eigene Versuche)

Folgende Versuchsanordnung wurde getroffen:

Ein Teil der Spinnen wurde bei konstanter Temperatur gehalten (15, 20, 20, 24, 26°C), der andere der normal mit dem Tagesrhythmus wechselnden Sommer-temperatur ausgesetzt. Die Versuchstiere waren etwa 2 Monate alte, im Laboratorium geschlüpfte und vom ersten Lebenstag an beobachtete Spinnen. Beide Versuchsgruppen wurden in vollständiger Dunkelheit gehalten, um den Einfluß verschiedener Belichtung ganz auszuschalten. Die beiden Gruppen bestanden aus 71 bzw. 75 Tieren.

Zur Auswertung wurde der Netzbau an 2 Tagen hintereinander verglichen, Bau oder Nichtbau an beiden Tagen gleich Null gesetzt, während Zuwachs (Nichtbau am 1., Bau am 2. Tage) als +1, Abnahme (Bau am 1., Nichtbau am 2. Tage) als -1 registriert wurde. Diese Art der Auswertung basiert auf der Überlegung, daß ein Tier, welches nicht gebaut hat, wahrscheinlich auch am nächsten Tag nicht bauen wird, da es in einer Häutungsperiode steht; während ein Tier, das am ersten Tag gebaut hat, wohl täglich wieder bauen wird.

Es ergab sich für die Gruppe 1 (im Dunklen bei gleichmäßiger Temperatur) eine mittlere Bauhäufigkeit von $\bar{x}_1 = -0,6087 \pm 0,298$; für die Gruppe 2 (im Dunklen bei wechselnder Temperatur) $\bar{x}_2 = -0,40 \pm 0,363$. Unter normalen Licht- und Temperaturbedingungen beträgt die Netzbauhäufigkeit auf die gleiche Weise errechnet $-0,0588$ (68 Versuche). Der T Test ergibt keinen gesicherten Unterschied zwischen der Norm und der verminderten Netzbauhäufigkeit im Dunklen.

Um den Einfluß des Lichtes auf die Netzbauhäufigkeit zu prüfen, wurde eine Gruppe im Licht bei wechselnder Temperatur, die andere im Dunklen bei

wechselnder Temperatur gehalten. Mit „Licht“ ist das Tag und Nacht wechselnde Licht der Jahreszeit gemeint, wie es den natürlichen Lebensbedingungen der Spinnen entspricht. Es ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen ($t = 2,4684$; $P 0,05 = 2,776$). Das Licht scheint die Netzbauhäufigkeit nicht entscheidend zu beeinflussen.

Es ist nun aus der Tierpsychologie bekannt, daß zwei Einflüsse notwendig sein können, um eine Handlung auszulösen. Wir versuchten also den gemeinsamen Einfluß von Licht und Temperatur zu erfassen, indem wir die Netzbauhäufigkeit bei der Gruppe Spinnen im Dunklen bei gleichmäßiger Temperatur (scheinbar beides ungünstige Einflüsse) mit derjenigen im wechselnden Tageslicht bei wechselnder Temperatur verglichen. Abb. 16 gibt an Thermographenkurven Beispiele

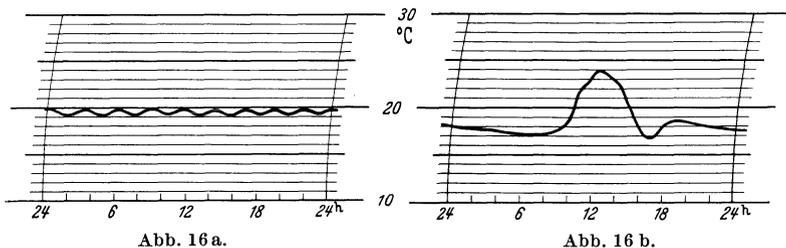


Abb. 16. Kurven eines Thermographen in a) einem Raum mit konstanter, b) einem Raum mit tageszeitlich schwankender Temperatur

davon, was wir unter wechselnder und konstanter Temperatur verstehen. Der T Test ergibt für $\bar{x}_1 = -0,6087$ und $\bar{x}_2 = -0,0588$ einen Wert von $T = 5,0044$ bei $P 0,01 = 4,032$, also einen stark gesicherten Unterschied.

Wahrscheinlich ist also täglicher Licht- und Temperaturwechsel die notwendige Vorbedingung für den normalen Netzbau. Die Änderung eines Faktors in dem Sinne, daß kein Wechsel mehr eintritt, zeigt bei unseren Versuchszahlen noch keine signifikante Verminderung, aber die Änderung beider Faktoren vermindert die Netzbauhäufigkeit signifikant. Daraus schließen wir, daß Licht und Temperatur für die Netzbauhäufigkeit von *Zilla-x-notata* Cl. eine Rolle spielen. Einschränkend ist anzuführen, daß die beschriebenen Versuche mit jungen (2 Monate alten) Spinnen gemacht wurden; aber es ist nichts bekannt, was dafür spricht, daß erwachsene Spinnen sich anders verhalten.

Bei Spinnen, die im Winter aus Eiern gezüchtet waren, wurde der Netzbau während der Wintermonate beobachtet. Am 21. 12. 53, dem kürzesten Tag, baute der größte Teil der Tiere, als ob es Sommer wäre. Daraus könnte man schließen, daß die Länge des Tages für die Netzbauhäufigkeit keine wesentliche Rolle spielt.

Unterbrechung des Netzbaues durch die Häutung

Die Häutung, die etwa 5—8mal im Leben der heranwachsenden Zilla stattfindet, führt zu einem physiologischen Unterbruch im täglichen Netzbaurhythmus. Das letzte Netz vor der Häutung und das erste danach kann unregelmäßiger und kleiner sein (Abb. 17), und darf nicht mit einem Netz unter Medikamentwirkung verwechselt werden. Um eine Vorstellung über die durchschnittliche Dauer des Netzausfalles zu erhalten, haben wir 18 Spinnen während ihrer Häutungsperiode beobachtet. Dabei wurde der Netzbau im Mittel 5,89 Tage unterbrochen; die kürzeste Unterbrechung betrug 3, die längste 10 Tage.

Phasen des Netzbaues

Der ganze Netzbau läuft in deutlich getrennten Phasen ab, deren jede erst nach Beendigung der vorigen beginnt. Das Verständnis dafür ist wichtig für das Verständnis der verschiedenen Medikamentwirkungen. Durch experimentelle Analyse konnten sowohl der Anfang und das Ende der einzelnen Phasen genau bestimmt werden, als auch eine gewisse Plastizität des Verhaltens innerhalb einer Phase nachgewiesen werden.

Am aufschlußreichsten dafür sind die Untersuchungen von MARCUS KÖNIG (1951), die den Netzbau als Stimmungshierarchie (BAERENDS) oder Instinkthierarchie (TINBERGEN) betrachten. Im Folgenden verwenden wir KÖNIGS Ausdrucksweise:

„Der Gesamthandlung des Netzbaues . . . liegt die Netzbaustimmung als Stimmung erster Ordnung zugrunde. An Innenfaktoren ist dafür verantwortlich in erster Linie der Hunger (siehe oben), an äußeren sind es noch zu untersuchende Bedingungskonstellationen, die mit der Tagesrhythmik zusammenhängen“, entsprechend dem von uns unter Temperatur und Licht Diskutierten.

Die motorische Phase I, der die Stimmung zweiter Ordnung zugrunde liegt, beginnt mit dem Ablassen des Flugfadens, geht weiter über das Spannen des Rahmenfadens und endet im Ziehen von Rahmenfäden und Rädien miteinander. Hierbei konnte KÖNIG experimentell zeigen, daß eine Lücke zwischen den Rädien den Auslöser für weiteres Rädienziehen bildet (Abbrennen von Rädien beim Bau führt zur 1,5fachen Rädienzahl), und daß umgekehrt eine volle Rädienbesetzung die nächste Phase einleitet (Einsetzen von Fäden durch den Beobachter während des Rädienbaues führt vorzeitig zur nächsten Phase). PETERS (1937) sagt dazu: „Die Beobachtungen zeigen . . . , daß sie zunächst vom Zentrum aus Lücken feststellt . . . Die Größe einer Lücke muß das Tier irgendwie abschätzen können.“ Der Nabenbau, der dann einsetzt, wird als zur motorischen Phase I gehörig betrachtet, da jetzt noch herausgebrannte Rädien ersetzt werden können.

In der motorischen Phase II wird die Hilfsspirale gebaut. Ist sie begonnen, findet keine Wiederholung des Rädienbaues mehr statt; sie endet nach einer relativ konstanten Zahl von Umgängen (TILQUIN 1942) am Rahmen oder auch an einem künstlich quer zu den Rädien gehaltenen Faden.

Zwischen der motorischen Phase II und der jetzt beginnenden Phase III tritt eine Pause auf, die KÖNIG mit der Umstellung auf den neuen Faden, den Klebfaden der Fangspirale, erklärt. (Siehe hierzu unten: Benzopyran 122.) Es folgt jetzt der Spiralbau bis zur Nabe unter gleichzeitigem Abbau der Hilfsspirale.

Die Experimente von KÖNIG zeigen, daß sich jede Phase erschöpfen läßt, auch ohne daß ihr normales Ende erreicht ist. Zum Beispiel beginnt die nächste Phase auf jeden Fall, nachdem die 1,5fache Rädienzahl gebaut wurde, ganz gleich ob der normale Bauabschluß erreicht wurde oder nicht.

Außerdem läßt sich jede Phase vorzeitig beenden, wenn ihr Ziel erreicht scheint, z. B. durch künstliches Einsetzen von Rädien oder Einspannen eines Querfadens bei Phase I.

Schließlich läßt sich eine scheinbare Plastizität oder Rückgriff auf frühere Phasen durch eine eingelegte Fütterung erreichen, zu deren Erklärung wir KÖNIG zitieren:

„Von der Stimmung des *Netzbauens* ist die des *Netzflickens* zu unterscheiden, hervorgerufen durch das Wahrnehmen von Beschädigungen, die beim Heraus-



Abb. 17a.

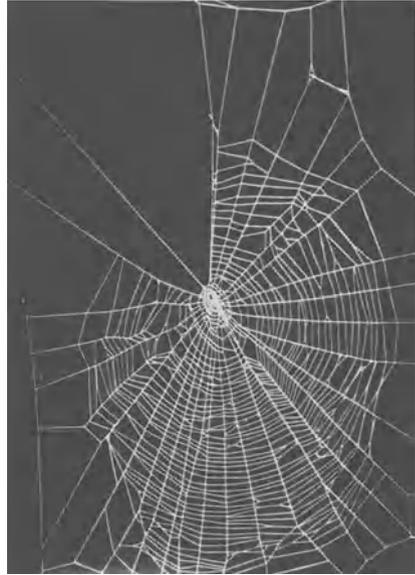


Abb. 17 b.



Abb. 17c.



Abb. 17 d.



Abb. 17e.

Abb. 17 a—e. Unregelmäßige und kleinere Netze ohne Medikamenteinwirkung, alle ungefähr im gleichen Maßstab wiedergegeben ($\frac{1}{4}$ natürlicher Größe)

lösen gefangener Beute aus dem Netz entstehen. Nur nach der Fütterung während späterer Phasen des Netzbaues kann es so scheinen, als griffe die Spinne auf frühere Phasen zurück. Im Normalverhalten kommt dergleichen nicht vor, da erst das

fertige Netz fängisch ist. Daher bleibt der Satz bestehen, daß die netzbauende Spinne nur innerhalb jeder Phase das Ergebnis ihrer Arbeit kontrolliert und so lange in ihr fortfährt, bis das artgemäße Spannungsgefüge dieser Phase erreicht ist. Aber indem man unbegrenzt immer wieder zerstört, was sie soeben schuf, läßt sich jede Phase erschöpfen, auch ohne daß ihr normaler Bauabschluß erreicht wurde. Weitere Untersuchungen müssen lehren, ob die Ursache in der Erschöpfung der Spinnrüden liegt, die zum Nachschaffen neuen Materials ihre Zeit brauchen, oder in der Entleerung der für die letzten Instinkthandlungen dieser Phase verantwortlichen nervösen Zentren, oder in beiden zugleich. So entstehen unvollständige Netze . . .“

Solch phasischer Verlauf ist auch sonst aus dem Tierreich bekannt. BAERENDS (1941) untersuchte das Fortpflanzungsverhalten von *Ammophila campestris*, dem Bienenwolf, und er konnte die einzelnen Phasen beim Nestbau, Beuteeinbringen, Eierlegen und Verschließen des Nestes analysieren. Nachdem er das Fortpflanzungsverhalten in 4 Phasen geteilt hatte, hat er auch versucht die Phasen zu vertauschen, bzw. versucht die Wespe zum Überspringen einer Phase zu veranlassen. Er fand, daß dies mit gewissen Einschränkungen möglich war. Er konnte z. B. den Bienenwolf durch Fortnehmen eingebrachter Beute dazu veranlassen, daß er neue Beutezüge unternahm, ebenso konnte er durch vorzeitiges Einbringen weiterer Beute ins Nest weitere „Verproviantierung“ unterbinden und ihn zur nächsten Handlung, zur nächsten Phase bringen.

Ein Vergleich mit dem Versuch von FABRE (1923) bei Spinnen drängt sich auf. Er setzte eine Spinne in das unfertige Netz einer anderen, und die neue Spinne spann das fremde Netz zu Ende, oder, mit anderen, Worten löste der adäquate Reiz die Phase bei einem Individuum mit anderer Vorgeschichte aus, ohne daß es den Bau selbst begonnen hätte.

Das chemische Verhalten bei einem solchen phasischen Verlauf, der sich allerdings über längere Zeiträume erstreckt, decken Versuche von WILLIAMS (1951) auf. Er fand, daß die Periode des Puppenschlafes das Überwintern der Species ermöglicht. Während dieser Zeit macht die Puppe keine morphologischen Fortschritte, aber es ist für sie keine verlorene Zeit. Durch direkte Wirkung auf die Puppe bewirkt die tiefe Temperatur des Winters endokrinologische Veränderungen, die wiederum die Beendigung der Puppenzeit im Frühling veranlassen. Solch eine abgekühlte Puppe zeigt, nachdem sie einige Tage der Zimmertemperatur ausgesetzt war, den Beginn einer Vorwärtsentwicklung, die das Ende des Puppenstadiums anzeigt. Die Ausbildung des fertigen Insekts in der Puppe erfolgt so uhrwerksmäßig genau, daß bei 25° C das erwachsene Insekt genau nach 21 Tagen ausschlüpft. Die Periode der Unterkühlung braucht nicht notwendigerweise einen Winter zu dauern, sondern läßt sich experimentell in kurzer Zeit mit der gleichen Wirkung durchführen. Die endokrinologischen, stofflichen Veränderungen in der Puppe konnte WILLIAMS dadurch demonstrieren, daß die zuerst gegen Cyanid empfindliche Puppe nach Erwärmung cyanidunempfindlich wurde.

So könnte auch die Störung des Netzbaues durch eine bestimmte Substanz zu einer bestimmten Zeit oder Phase darauf beruhen, daß das Tier in dieser Phase für die Substanz empfindlich geworden ist, sich in der richtigen Stimmung befindet.

Lenker des Netzbaues

Die Individualität der Spinne:

Wenn man viele Spinnennetze sieht, hat man immer wieder den Eindruck, daß ein bestimmtes Tier immer wieder ein typisches Netz baut, ein anderes ein anderes. Zwar ist dies verständlich, denn Spinnen sind einzeln lebende Tiere, die nur zur Zeit der Begattung ein zweites Tier neben sich dulden. Sie sind asozial insofern, als sie ihre Artgenossen angreifen und zu töten versuchen, wenn diese in ihr Netz geraten. Andererseits sind die Netze in vielen Fällen vertauschbar (FABRE 1923). Es ist nicht gelungen, individuelle Charakteristika zahlenmäßig zu belegen.

Hingegen können Einzelbeobachtungen im Folgenden angeführt werden, die für den Ausdruck der Individualität im Netzbau sprechen. Über die interindividuelle Streuung der Netzform im pharmakologischen Experiment wird weiter beim Adrenochrom berichtet werden.

Es wurden 2 Spinnen beobachtet, die in der rechten und linken oberen Ecke des gleichen Rahmens im Laboratorium wohnten. Der Rahmen war in der Mitte durch eine senkrechte Leiste unterteilt. Die Spinne in der rechten Rahmenhälfte baute täglich ein unten spitzes Netz, während die in der linken Hälfte ihr Netz unten durch einen beinahe waagerechten Rahmenfaden abschloß (Abb. 18a). Eines Tages gelangte die rechte Spinne in das Netz der linken, worauf ich die

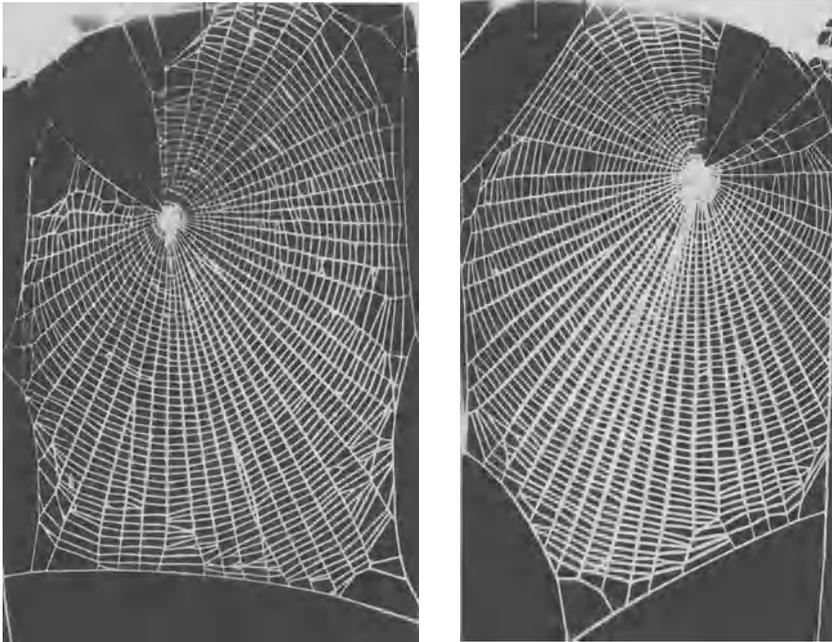


Abb. 18. Spinne 42 links, Spinne 43 rechts am 9. 2. 54 im gleichen Rahmen

linke nahm und in das Netz der rechten setzte. Beide begaben sich sogleich am Signalfaden entlang in das neue Haus, worauf die beiden Netze zerschnitten wurden. Abb. 19 zeigt die Netze am nächsten Morgen: die Spinne mit dem spitzen Netz baute am neuen Ort spiegelbildlich verkehrt wieder spitz, entsprechend der neuen Lage des Schlupfwinkels. Ebenso hatte die andere Spinne ihre Netzform am neuen Ort nicht geändert, sondern baute wieder unten ein beinahe waagerechtes Netz, auch spiegelbildlich verkehrt.

Die zweite Beobachtung betrifft eine Spinne, die eine merkwürdige Abnormalität im Netzbau zeigte: Sie ließ mitten in der Klebspirale einen Ring aus, baute dann normal weiter (Abb. 20). Diese merkwürdige Abweichung vom Normalen erhielt sich über einen Monat in allen Netzen, von denen die Abbildung nur eine Auswahl zeigt. Dann verschwand sie allmählich.

Als dritte Beobachtung bringen wir Abbildungen von Netzen einer Spinne zu verschiedenen Zeiten ihres Lebens. Wir haben beinahe ohne Lücken über 3 Monate

fast täglich Photographien von neuen Netzen aufgenommen, deren vollständige Reproduktion aber hier unmöglich ist. So haben wir für Abb. 21 eine Zahl ausgelesen, die mit jeweils einigen Tagen Abstand gebaut worden sind. Da wir, wie schon erwähnt, keine Maßzahl für die Netzform gefunden haben, den Rahmen und äußersten Klebfadenumgang aber für das Charakteristischste halten, müssen wir es dem Betrachter überlassen, aus den durchgezeichneten Umrissen die Ähnlichkeit der Form zu beurteilen.

Koordination und Orientierung:

Versuche wie derjenige von PETERS (1939a) mit dem Durchbrennen jedes zweiten Radialfadens oder Drehen des Netzrahmens während des Bauens (1939b)

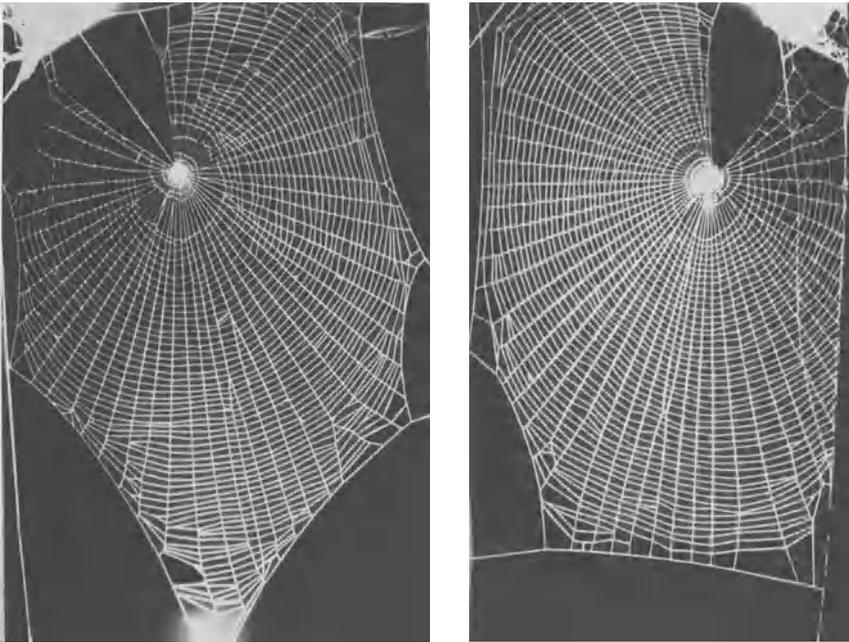


Abb. 19. Nach Vertauschung der Spinnen: Spinne 43 links und Spinne 42 rechts am 11. 2. 54

zeigen, daß der Bau sich jederzeit nach schon vorhandenen Proportionen richtet. PETERS (1939b) fand ja auch, daß die Spinne nicht in absoluten Größen, sondern in Verhältnissen baut, das heißt z. B. einem großen Radienwinkel weit auseinander liegende Klebfäden einfügt, einem kleineren Winkel engere Umgänge. Solche Proportionen können auf einfache Orientierungsvorgänge zurückgeführt werden, wie WITT (1952) in einer Arbeit über die Klebspirale zeigen konnte. Wenn die Spinne nämlich, wie dort angenommen wird, den kürzesten Weg von Radius zu Radius geht, muß sie diesen Weg ständig kontrollieren.

Die Muskelbewegungen werden zentralnervös gesteuert gemäß den Eindrücken, die das Tier empfangen hat. Wonach orientiert sich die Spinne aber nun eigentlich?

Die Sensibilität muß bei Spinnen außerordentlich fein sein; dabei werden oft 2 Arten von Sensibilität unterschieden, diejenige für Berührung bzw. Spannung (HOLZAPFEL 1933a u. b, BALTZER 1930) und diejenige für Vibration (BOYS 1880, GRÜNBAUM 1927). Je nach Schwingungsfrequenz, Richtung der Einwirkung und

Übertragungsmechanismus soll nach GRÜNBAUM jeweils eine bestimmte zwangsmäßige Handlung oder eine Reaktionskette ablaufen. Man kann so z. B. alle Phasen des Beutefanges auslösen, und sicher spielt es auch beim Netzbau eine entscheidende Rolle. GRÜNBAUM kommt zu dem Schluß, daß es sich bei dem Vibrationssinn um den wichtigsten Sinn der Spinne handelt, der alle anderen

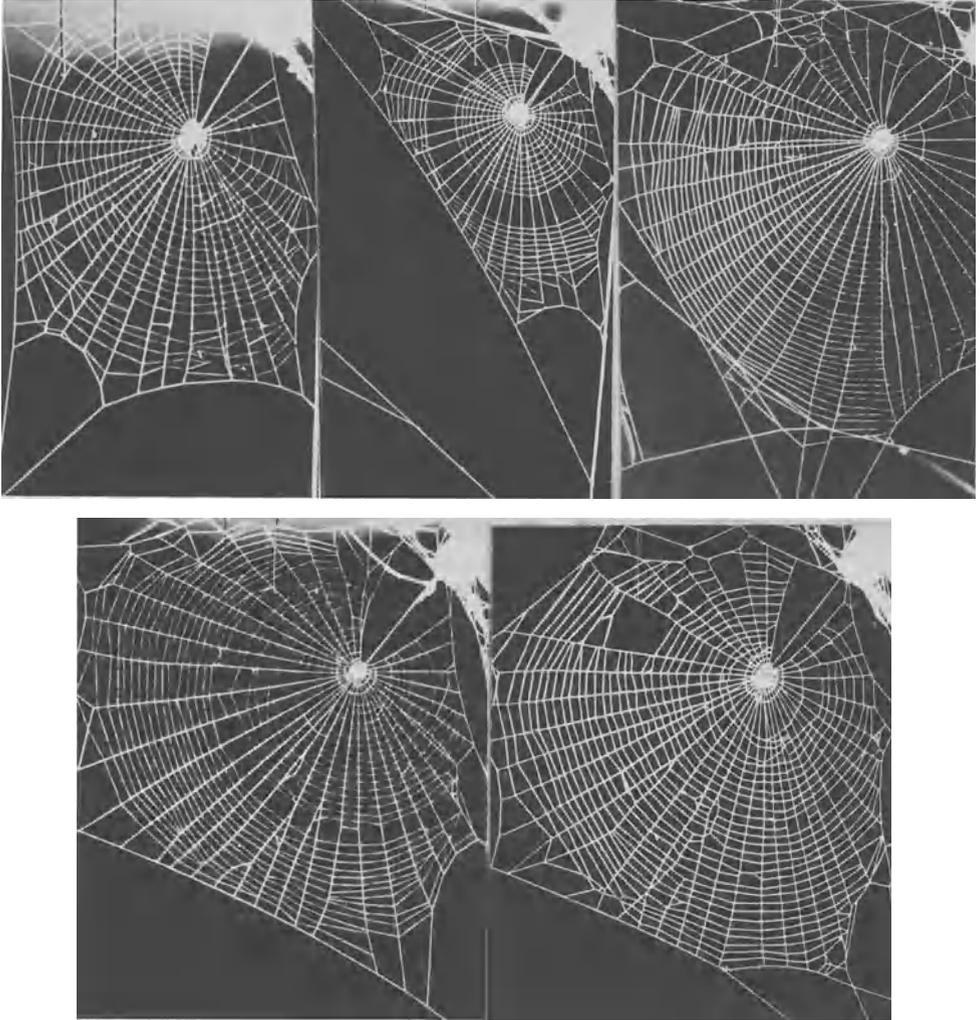


Abb. 20. Netze der gleichen Spinne vom 16., 20. 2. und 10., 12. und 13. 3. 54; beachte die Lücke in der Spirale

Sinne beherrscht. Beim Beutefang kommt allerdings sicher noch der Geschmacks- und der Tastsinn dazu (PETERS 1933 b). Indem er Radnetzspinnen und Springspinnen (Salticidae) vergleicht kommt HANSTRÖM (1934) zu dem Schluß, daß erstere stark rückgebildete primäre und sekundäre koordinative Sehzentren haben, vermutlich also der Gesichtssinn in ihrem Leben keine große Rolle spielt.

Damit stellt sich die Frage nach der Leistungsfähigkeit des Gesichtssinnes der Radnetzspinnen und seiner Beteiligung am Netzbau. Für Zilla gilt, daß sie beinahe

immer in dunkler Nacht baut, sich aber durch brennendes elektrisches Licht nicht vom Bau abhalten läßt. Das scheint darauf hinzudeuten, daß der Gesichtssinn für den Bau eines regelrechten Netzes zumindest nicht wichtig ist. Dieser Ansicht sind auch DAHL (1885), FABRE (1923), BALTZER (1923 u. 1930), BARTELS (1928 u. 1929). Ferner wurden von PETERS (1931) Versuche mit geblendeten Spinnen gemacht, sowohl durch Ausglühen als auch durch schwarzes Überlackieren der Augen. Es zeigten sich keine Veränderungen in der Fähigkeit, regelmäßige Netze zu bauen. BALTZER (1923) machte Versuche beim Beutefang der Spinne, wo das Tier die Beute zwar sehen, aber nicht durch das Netz tasten konnte; die

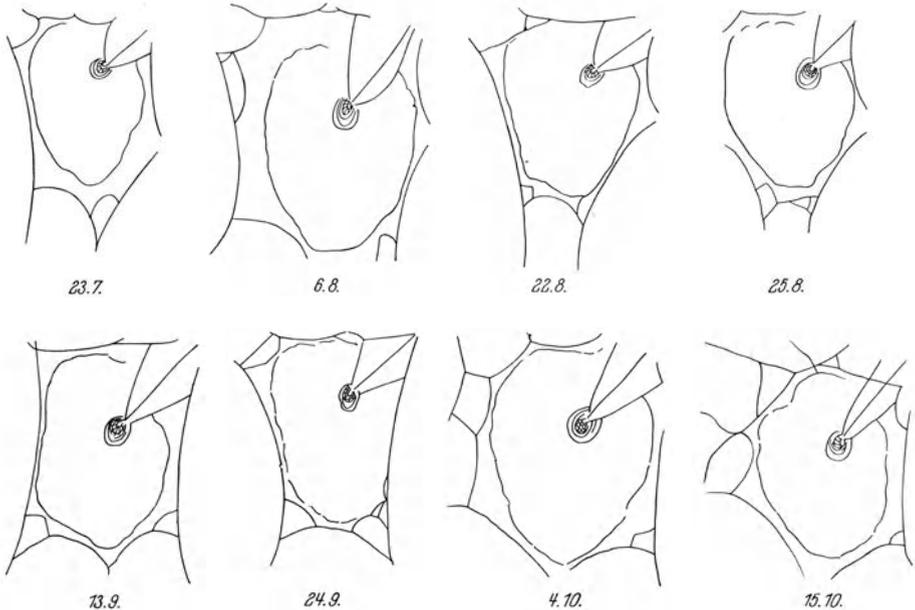


Abb. 21. Netze einer Spinne im Verlaufe eines Sommers vom 23. 7. bis 15. 10. Durchgezeichnete Photographien im gleichen Maßstab. Auswahl

völlige Gleichgültigkeit der hungrigen Spinne unter diesen Umständen läßt ihn zu dem Schluß kommen, daß beim Beutefang zumindest keine leistungsfähige optische Fernorientierung besteht. Andererseits wird die optische Orientierung, wenn möglich, mitbenutzt, wie Versuche von BALTZER (1923 u. 1930), HOLZAPFEL (1933a u. b), PETERS (1932a) und BARTELS (1928 u. 1929) zeigen.

Gehör und Geruch spielen beim Netzbau wohl kaum eine Rolle, wenigstens gibt es keinen experimentellen Anhaltspunkt dafür. Die immer wieder behauptete Musikalität der Spinnen scheint möglicherweise mit ihrer Vibrationsempfindlichkeit zusammen zu hängen.

Ein Beispiel für einen Bericht über Musikalität der Spinnen bringt eine heutige englische Zeitung:

Es wird von einem Offizier berichtet, der, in der Bastille eingesperrt, seine Laute spielte. Nachdem er dies mehrere Tage lang getan hatte, sah er jedes Mal beim Beginn der Musik Spinnen herauskommen, die sich um ihn setzten, um beim Aufhören des Spiels hastig wieder zu verschwinden. Und dies wiederholte sich auch, als er nach ein paar Tagen Pause wieder zu spielen begann. Ein anderer Gefangener soll jedes Mal eine Spinne auf seinem Knie sitzend

beobachtet haben, wenn er Dudelsack spielte. Auch hier blieb das Tier nicht eine Sekunde nach beendetem Spiel sitzen, sondern verschwand nach Verklingen der letzten Note.

Aus all diesem geht mit Wahrscheinlichkeit hervor, daß der Tastsinn einschließlich dem Sinn für Spannung und Vibration der wichtigste Sinn der Radnetzspinnen beim Netzbau ist. Danach wäre ein ungestörtes Funktionieren gerade dieses Sinnes für den Netzbau von größter Bedeutung.

Der Tastsinn ist ein Nahsinn, das heißt Berührung zwischen dem Lebewesen und dem zu Tastenden ist notwendig. Es läßt sich nur schwer verstehen, wie die Spinne das zur Körpergröße verhältnismäßig riesige Netz bauen kann, andererseits läßt es die Funktion und den Aufbau des Netzes besser verstehen.

Der Tastsinn wird mit Hilfe des Netzes aus einem Nahsinn zu einem Fernsinn, besonders durch die Radian. Wenn eine Beute das Netz berührt, erzittert es, was sich von den Radian auf die Nabe, von dort über den Signalfaden auf die aufgelegten Beine der Spinne überträgt. Die Spinne eilt in die Mitte des Netzes, und wer einmal beobachtet hat, wie eine Spinne eine reglos im Netz hängende Beute durch Schütteln und Ziehen an den Radian findet, wird nicht mehr daran zweifeln, daß gerade die Anlage des Radnetzes eine Fernorientierung tastend ermöglicht.

Bei der Anlage des Netzes werden so viele Radian eingesetzt, daß eine gleichmäßige Verspannung der Nabe erreicht wird (KÖNIG 1951). Auch hier kann man die bauende Spinne beobachten, wie sie an den Radian zupft und, je nach dem Ergebnis, noch einen Radius mehr einsetzt oder nicht.

Für den Bau der Klebspirale hat WIRT (1952) den Versuch gemacht zu zeigen, daß der Tastsinn ausreichend für die Erklärung der dabei gebauten Proportionen sein kann. Beweise liegen allerdings dafür nicht vor. Wenn wir annehmen, daß die Richtung der Spirale auf weite Strecken durch den bequemsten Weg der Spinne von Radius zu Radius gegeben ist (d. h. den Weg, der den geringsten Kraftaufwand erfordert), und daß sie von diesem Weg nur vorübergehend unter dem Einfluß von örtlich auftretenden Sinneseindrücken abweicht, können wir einige der bekannten Proportionen der Klebspirale erklären. Ein Teil des bequemsten Weges ist der kürzeste Weg von Radius zu Radius, der sich leicht ertasten läßt und weiterverfolgt eine logarithmische Spirale ergibt. Die Versuche von PETERS (1939 b), die nach Durchbrennen jedes zweiten Radius eine steilere Spirale ergeben, und die Messungen von FABRE, WIEHLE, PETERS und anderen haben den entsprechenden Verlauf der Klebspirale bereits erwiesen, ohne die Gründe hierfür zu untersuchen.

Netzbau und Netzfunktion sind also ganz besonders auf tastende Fernorientierung eingestellt und aus dieser heraus erklärlich. Das Netz mit seinen Radian stellt sich direkt als eine Verlängerung der Spinnenbeine dar, so daß es den Gesichtssinn überflüssig macht und ihn vielleicht deswegen verkümmern ließ; umgekehrt kann der kümmerliche Gesichtssinn die Tiere zum Netzbau geführt haben.

Einiges für den Test Wichtige aus der Anatomie von Zilla

Das fertige Netz ist der Niederschlag einer Bewegung bei gleichzeitiger Tätigkeit von Drüsen mit äußerer Sekretion, den Spinnndrüsen. Alle Körperteile also, die mit der Bewegung oder den Spinnndrüsen unmittelbar zu tun haben, dienen dem Zustandekommen eines normalen Netzes. Ihre Funktion muß ungestört sein, wenn das Netz normal gebaut sein soll. Wir erwarten also, daß Kreislauf, Verdauung und Atmung, das Harnsystem und das System der inneren Sekretion nur einen

indirekten Einfluß auf den Netzbau haben. Deshalb werden sie nicht besprochen werden. Dagegen ist die Muskulatur der Spinnen, deren nervöse Steuerung vom Zentralnervensystem aus, die Sinnesorgane und der Spinndrüsenapparat unmittelbar am Netzbau beteiligt. Das Verdauungssystem spielt eine wichtige Rolle für die Resorption der per os applizierten Medikamente. Leider ist uns über alle diese Systeme nur wenig bekannt, da die Kleinheit der Tiere, die Schwierigkeit einer Präparation des Körpers mit Exoskelet und vielleicht die Abscheu vor Spinnen die Erforschung zurückgehalten hat.

Der Verdauungskanal kann nach SAVORY (1928) bei Spinnen die dreifache Aufgabe des Einsaugens, Aufbewahrens und Verdauens von frischem, flüssigem Futter erfüllen. Der Eingangsteil hinter der kleinen Mundöffnung heißt das *Stomodaeum* und ist eine chitinausgekleidete Einstülpung des Ektoderms. Hintereinander besteht er aus Pharynx, Oesophagus und Saugmagen (BERTKAU 1885), die alle weder als Sekretions- noch als Resorptionsorgan wirken. Der Magen dient mit seiner durch Muskeln von außen beweglichen Chitinplattenpanzerung als Saugpumpe. Das darauf folgende *Mesenteron* ist bei Spinnen von allen anderen Tieren abweichend gebaut. Gleich hinter dem Magen, noch im Cephalothorax, zweigen vom Hauptschlauch 2 Diverticula ab, die wieder je 4 Ausstülpungen, die Caeca, enthalten; diese reichen bis an oder in die Beine und sind mit Verdauungsssekreten gefüllt. Etwas weiter hinten, im Abdomen, zweigen vom Darmkanal die riesigen Mitteldarmdrüsen ab, die den größten Teil der Bauchhöhle füllen. Sie sezernieren Verdauungsssekrete, bewahren Futter auf und resorbieren es mit Hilfe eines resorbierenden Epithels (OETCKE 1912). Dieser Autor glaubt auch noch 8 Tage nach einmaliger Fütterung Nahrungsreste davon hier gefunden zu haben. Dies spricht für eine langsame Resorption (Weiteres darüber siehe unten). Der Endteil des Darmes heißt *Proctodaeum*; er ist mit Chitin ausgekleidet und mit einer Tasche zur Aufbewahrung der Faeces versehen. Die Schilderung stammt von den zitierten Autoren und enthält keine eigenen Beobachtungen. Sie interessiert hier wegen des Verteilungsmechanismus, Resorption und Aufbewahrungsmöglichkeit von Getrunkenem.

Die Fäden werden in verschiedenen Spinndrüsen hergestellt. Es sind 7 Drüsenarten beschrieben, die aber nicht alle bei der gleichen Spinne vorkommen. Radialfäden z. B., die glatt und fest sind, werden anders hergestellt als der Spiralfaden, der mit einem perligen Klebstoff überzogen ist (BOYS 1889) oder die gelben Coconfäden. SAVORY (1928) beschreibt die Erzeugung von Fäden folgendermaßen: „Wir finden, daß die Spinne relativ große Mengen Protein in Form einer viskösen Flüssigkeit herstellt, die bei der Berührung mit der Luft schnell fest wird. Die wichtigsten physikalischen Eigenschaften der so gebildeten Fäden sind ihre große Zugfestigkeit, die gleich nach der geschmolzener Quarzfasern kommt, und ihr hoher Elastizitätskoeffizient.“ Es ist möglich, sich vorzustellen, daß die Fadenproduktion im Versuch mit Medikamenten akut beeinflusst wird. Die einzige Veränderung, die wir in diesem Sinne deuten zu können glauben, wird unter Coffeinwirkung und Xylopropamin besprochen werden. Vergleiche hierzu auch die neuen, an *Nephila madagascariensis* gemachten Untersuchungen von PETERS (1955) und BRAUNITZER u. WOLFF (1955).

Das Muskelgewebe beschreibt SAVORY (1928) als charakterisiert durch eine längliche, fadenartige Gestalt seiner Zellen, die einen hohen Grad von Kontrak-

tionsfähigkeit besitzen. Die Zellen sind durch ein Minimum von Zwischensubstanz (matrix) getrennt, und manchmal kann man die willkürlichen Muskeln an ihrer Querfaserung erkennen. Präparate von gestreifter Muskulatur werden im Allgemeinen für Studenten aus Krebsen gewonnen, da die typische Querstreifung am Arthropodenmuskel besser als am Amphibien- oder Säugetiermuskel zu sehen ist. Dieselbe Art von Präparaten läßt sich auch von Spinnen herstellen. Frisch sind sie weich und beinahe farblos, nach Fixierung kann man Fasern und Streifen leicht erkennen. Sie sind beiderseits am Chitinskelet befestigt, das fast ausschließlich ein Exoskelet darstellt. Die Hauptausnahme davon bildet der Endosternit, eine Chitinplatte im Cephalothorax.

Beim Nervensystem haben wir es mit einem sehr einfachen, besonders stark zentralisierten Aufbau zu tun. Von dem ursprünglich segmentierten Strickleiternervensystem der Würmer sind alle Ganglien zu einem verschmolzen, das nun ein großes, aus 3 Lappen bestehendes Gehirn bildet. Diese hohe Zentralisation hat wahrscheinlich auch eine funktionelle Bedeutung. Auch die bei jungen Tieren vorhandenen 6 Bauchganglien verschwinden im Laufe der individuellen Entwicklung. Ein einfaches Schema von SAVORY (1928) zeigt den zentralisierten Aufbau (Abb. 22). Möglicherweise weist so ein konzentriertes Nervensystem auf die hohe Koordinationsmöglichkeit hin, die die Spinne besitzt. Die Bewegungen laufen nicht nur mit großer Exaktheit, Wiederholbarkeit und Schnelligkeit ab, sondern sie stehen auch in enger rhythmischer Beziehung miteinander und reflektieren die meist ertasteten augenblicklichen Sinneseindrücke sofort.

HANSTRÖM (1934) weist einerseits auf die relativ wenig entwickelte Sehmasse und reduzierten Corpora pedunculata (die den Sehzentren übergeordnet sind) bei den netzbauenden Spinnen hin; andererseits findet er bei Netzspinnen besonders große Zentralkörper, die eventuell mit dem Netzbau etwas zu tun haben. Ferner ist für das Araneengehirn histologisch charakteristisch, daß die gewöhnlichen Ganglienzellen ihre Neuriten gruppenweise zu Bündeln versammeln, die jedes für sich die Neuroglia wand durchbrechen, die die Ganglienschicht von dem Neuropilem trennt. Es gibt mächtige Verbindungsbahnen im Protocerebrum, die nur wenig erforscht sind.

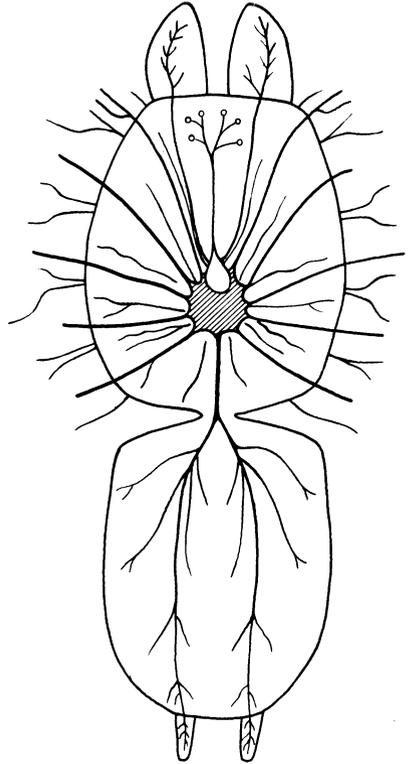


Abb. 22. Schematische Darstellung des Zentralnervensystems der Spinne nach SAVORY

Das Netzbauverhalten von *Zilla-x-notata* Cl. als pharmakologische Testmethode

Fang

Die Spinne *Zilla-x-notata* Cl. lebt in Bern an geschützten Mauerstellen wie Fensterrahmen, Türen, Kellern, Ställen und Eisengittern, meist in der Nähe menschlicher Bauten. Im Laufe des Juni erreicht die Spinne die zum Versuch notwendige Größe, und dann kann man sie leicht finden, indem man das große Radnetz sucht und, den Signalfaden verfolgend, am Ende ihren Schlupfwinkel findet. Dort hält sie sich während des Tages immer auf, wenn es sich nicht um ein altes Netz handelt, das vom Tier verlassen wurde. Ich konnte ganz bestimmte Fenster beobachten, wo sie jedes Jahr in größerer Zahl zu finden war, weiß aber nicht, warum sie gerade diese Fenster bevorzugte.

Zum Fang kann man Spinnen im Schlupfwinkel mit einem spitzen Instrument aufstören und sie, wenn sie sich fallen lassen, in einem Glas auffangen. In diesem Glas muß dann das unten beschriebene Eingewöhnen in ein Tütchen erfolgen. Es ist besser, die Spinne in die Mitte des Netzes zu locken, indem man durch eine Stimmgabel oder Fliege das Netz in die geeignete Schwingung versetzt. Während die Spinne im Netz sitzt und nach der vorgetäuschten Beute sucht, befestigt man das Ende des Signalfadens in einem Papiertütchen. Wenn die Spinne die Beute eingesponnen hat oder bemerkt hat, daß sie umsonst herausgelaufen ist, kehrt sie am Signalfaden entlang in den Schlupfwinkel, jetzt das Papiertütchen, zurück.

Es hat sich als günstig erwiesen, die Tüte zwei Tage lang am Fangort hängen zu lassen, damit die Spinne sich eingewöhnt und ihre Wohnröhre in der Tüte spinnt. Ist das geschehen, kann man das Netz von der Tüte abschneiden und die Spinne mit der Tüte (Öffnung nach oben, da Fluchtrichtung nach unten) ins Laboratorium transportieren. Starke Erschütterungen auf dem Transport sollen vermieden werden, aber die Flucht geht auf jeden Fall ins Innere der Tüte, da die Spinne sich beim Erschrecken fallen läßt. Je kürzer der Transportweg von der Fangstelle zum Labor, desto schonender der Transport und desto besser der Erfolg.

Fieht eine Spinne aus der Tüte, so hat es keinen Sinn, sie gewaltsam wieder hineinzubringen. Man muß sie dann in einem großen Gefäß fangen und in eine neue Tüte eingewöhnen. Eine nicht eingewöhnte Spinne bleibt niemals in der Tüte, verläßt diese spätestens in der folgenden Nacht. Die Interpretation ist, daß die Tüte für die Spinne durch gewaltsames Hineinbringen des Tieres eine negative Qualität bekommt, die sie nicht mehr verliert.

Zucht

Es ist auch möglich, *Zilla-x-notata* Cl. um jede beliebige Jahreszeit zu züchten, wie ich mehrere Male zu erproben Gelegenheit hatte. Man fängt trächtige *Zilla*-Weibchen (in Bern etwa in der zweiten Hälfte September) und läßt sie in einem Glas ihre Eier ablegen. Hierbei werden die Eier mit einem dichten, gelblichen Gespinst umgeben, das im Abstand von mehreren Millimetern von einem straffen, weißlichen Gespinst überspannt wird. Die einzelnen Einflüsse, die das Reifen der Eier begünstigen, wurden nicht analysiert; dagegen führt die im Folgenden angegebene Methode immer zum Ziel, zum Schlüpfen junger *Zilla*:

Das Glas wurde bei Zimmertemperatur verschlossen in einem offenen Regal etwa 4 m vom Fenster entfernt mit den Eiern darin aufgestellt, wobei alle 3 Tage ein hineingehängter Filtrierpapierstreifen neu angefeuchtet wurde. Unter diesen Bedingungen verließ 2 Monate nach Ablegen der Eier das erste junge Tier das Gespinst. Einige Tage lang hielt es sich zwischen äußerem und innerem Gespinst auf, wobei es sich vielleicht vom Fressen einiger Fäden ernährte (hierüber scheint nichts bekannt zu sein). 9 Tage später, also 70 Tage nach Ablegen der Eier, brach das erste Tier durch das äußere Gespinst, hatte am Tage darauf ein Netz gesponnen, in dessen Mitte es saß und eine hineingehängte *Drosophila* verzehrte. 2 Tage später schlüpfte das zweite Tier und machte die gleiche Weiterentwicklung durch wie das erste.

Es gelang auch, aus von Mauern draußen abgekratzten Eiern ohne Kokon junge Spinnen auf die gleiche Weise heranzuziehen.

Die Hauptschwierigkeit beim Großziehen der jungen Spinnen besteht in ihrer mangelhaften Seßhaftigkeit. Sie verlassen leicht den Ort, an dem sie das letzte Netz gesponnen haben und spinnen am nächsten Tag an einer neuen Stelle. Die kleinen Tiere haben oft keinen Schlupfwinkel oder Signalfaden; oft haben sie beide, aber benutzen sie nicht und sitzen in der Mitte des Netzes. Sie sind leicht von dort in die Flucht zu treiben, wobei sie sich aus dem Netz fallen lassen und nicht mehr zurückkehren. Man kann sie sogar schon durch das Einsetzen einer lebenden *Drosophila* in das Netz zur Flucht bringen.

Die kleinen Spinnen werden also am besten in einem großen Glas gehalten, einzeln, weil sie sich sonst auffressen und werden mit halbtoten *Drosophila* gefüttert. Man drückt die lebende Fliege ganz leicht mit dem Finger auf den Tisch, dann werden ihre Flügel bewegungsunfähig, und man kann sie mit der Pinzette ins Netz hängen. Die verbliebenen Beinbewegungen der Fliege stellen den adäquaten Reiz für die kleine Spinne dar. Im Übrigen kann das Netz von ganz kleinen Zilla noch keine sich stark bewegende, lebende *Drosophila* halten.

Die Zilla wuchsen auf diese Weise gehalten schnell heran und unterbrachen das tägliche Netzbauen nur während der mehrfachen Häutungsperioden, und 2½ Monate nach dem Schlüpfen konnten sie in Tüten eingewöhnt und für Versuche verwendet werden. Wie bereits erwähnt, schien die Kürze der Wintertage keine Rolle für den Netzbau zu spielen.

Lebensdauer

In der Literatur fand ich keine genauen Angaben über die Länge des Lebens von *Zilla-x-notata* Cl. Ich machte während 5 Jahren zu verschiedenen Jahreszeiten Beobachtungen, wobei die Tiere beinahe genau 5 Monate am Leben blieben, nachdem sie aus dem Eikokon geschlüpft waren. Die letzten 2—3 Monate dieser Zeit habe ich sie zu Versuchen verwendet. Die Spinnen starben nach dieser Zeit, unabhängig von Jahreszeit und reichlicher Futterzufuhr.

Bei den draußen gefangenen Spinnen konnten keine exakten Messungen der Lebensdauer durchgeführt werden, da ihre Geburtszeit nicht bekannt war. Es fiel aber auf, daß Spinnen vom gleichen Fundort und damit wahrscheinlich vom gleichen Gelege beinahe gleichzeitig starben.

Tiere im Glas aufgezogen, die z. B. am 28. 1. geschlüpft waren, starben unabhängig von den mit ihnen vorgenommenen Versuchen gleichzeitig. Am 28. 6. \pm 2 Tage

waren alle Spinnen gestorben oder entlaufen, die am 28. I geboren waren. Dabei herrschte in diesen Tagen schönes, warmes Sommerwetter, das Futter war reichlich, und die Spinnen, die draußen später geschlüpft waren, bauten täglich Netze.

Die Lebensdauer der draußen gefangenen Spinnen konnte nicht genau gemessen werden. Vergleichbar mit den Beobachtungen an gezüchteten Spinnen wäre die Zeit vom Fang bis zum Lebensende. Der Fang, der im Juni des Jahres stattfand, setzte ein großes, ausentwickeltes Netz voraus etwa gleich demjenigen, das die gezüchteten Spinnen 2½ Monate nach dem Schlüpfen gebaut hatten. Eine Gruppe von Spinnen, die am gleichen Ort gefangen worden war, lebte im Laboratorium mit wenigen Tagen Unterschied 2½ Monate; die Zeit entsprach also derjenigen der gezüchteten Spinnen, obwohl es sich um eine andere Jahreszeit mit abweichenden Temperatur- und Lichtverhältnissen handelte.

Die Lebensdauer scheint somit nicht so sehr von äußeren, sondern mehr von inneren Faktoren bestimmt zu werden und ist für die Spinne recht genau begrenzt. Ich habe fast nie eine Zilla beobachtet, die die anderen Tiere um viele Wochen überlebte.

Für innere Faktoren als maßgebend für die Begrenzung der Lebensdauer von Zilla spricht auch die Art ihres Lebensendes: nach dem Ablegen der Eier tritt eine Pause im Netzbau ein, einige Tage später können dann wieder Netze gebaut werden. Die Netze sind dann unregelmäßig, wie vor und nach der Häutung (Abb. 17), und die Spirale hat keinen Klebstoff mehr. Die Ernährung der Spinnen wird dann schwierig, da die Fliegen nicht mehr im Netz hängen bleiben, aber sie gelingt mit Geduld. Der Fang- und Freßtrieb besteht aber noch, denn die Spinne eilt bei Vibration des Netzes aus dem Schlupfwinkel, und, im Netz umherlaufend, versucht sie die Fliegen zu fangen, ehe diese sich wieder aus dem mangelhaften Netz freimachen können. Sie fängt selten etwas dabei und wirkt kläglich. Ich ernährte eine Spinne auf diese Weise mit bis zu 5 Fliegen täglich, und sie baute trotz der reichlichen Ernährung täglich kleinere und unregelmäßigere Netze. 31 Tage nach Ablegen der Eier hörte sie auf zu spinnen und starb. Es ist mir nie gelungen, eine Spinne am Eierablegen zu verhindern, selbst wenn keine Männchen in die Nähe gelassen wurden, so daß ich nicht weiß, ob sie dadurch länger am Leben gehalten werden können.

Haltung

Die Tüte mit der gefangenen oder gezüchteten Zilla wird in der oberen Ecke eines Holzrahmens angeklebt. Im Laboratorium sind Drähte parallel zum Fenster dicht davor gespannt, an denen die Rahmen von ungefähr 35 × 35 cm durch je 2 Häkchen aufgehängt werden können. Auch hierbei sind unnötige Erschütterungen zu vermeiden. Die Tüte muß so im Rahmen stehen, daß die Öffnung unten und in der Ebene des Rahmens steht. Wenn die Spinne sich also jetzt aus dem Schlupfwinkel an einem Faden herabläßt, wird sie auf der unteren Rahmenleiste landen. So ist die Verspannung des Netzes im Rahmen wahrscheinlich gemacht; wenn nämlich eine Ecke des Netzes außerhalb des Rahmens befestigt wird, wird das ganze Netz beim Abnehmen des Rahmens zerrissen. Man kann dies eventuell durch Festkleben des außerhalb liegenden Fadens am Rahmen vermeiden, muß aber dabei eine leichte Verziehung des Netzes mit in Kauf nehmen. Dies stört natürlich beim Ausmessen der Proportionen.

Nach meinen Beobachtungen wirkt sowohl eine Aufstellung der Rahmen fern vom Fenster wie eine Aufstellung im Keller ungünstig, — die Spinnen wandern leicht ab. Hängt man dagegen die Rahmen vor einem hellen Fenster auf, — wir wählten eines nach Westen, — kann man das gleiche Tier bis zum Tode in einem Rahmen halten.

Für die Versuche werden nur Weibchen verwandt, da nur diese regelmäßig große Netze spinnen. Männchen spinnen unregelmäßiger und gegen Ende des Sommers immer seltener, wandern dann umher auf der Suche nach Weibchen, wodurch sie nicht nur ihren eigenen Netzbau unterbrechen, sondern auch den der Weibchen stören. Männchen sind an den plumpen Vorderenden der Fühler (Pedipalpen) kenntlich. Bei mir wurde jedes Männchen aus dem Laboratorium verbannt.

Das gesponnene Netz wird allabendlich zerschnitten, worauf die Spinne während der Nacht ein neues Netz baut. Das Zerschneiden erfolgt an den schlupfwinkelfernen Rahmenfäden, so daß das entspannte Netz zum Schlupfwinkel hin zusammenschnellt. Vor dem Häuschen der Spinne entsteht ein kleines Fadennäuel, das sie vor dem Beginn des neuen Netzbaues frißt. Auf diese Weise soll es gelingen, der Spinne das tägliche Spinnen eines neuen Netzes zu ermöglichen, ohne daß ihr zu viel wertvolle Eiweißstoffe verloren gehen.

Ernährung

Bei jungen Spinnen hat sich eine, bei älteren 2—3 *Drosophila* täglich als ausreichende Ernährung erwiesen. Dies scheint zu genügen, da so behandelte Tiere eine normale Entwicklung zeigen und im Rahmen bleiben. Andererseits ist es so knapp, daß der Bau eines neuen, großen Netzes täglich gewährleistet ist. Die Fliegen werden in das Netz geworfen oder mit der Pinzette hineingehängt. Geschieht die Fütterung morgens gleich nach dem Räuchern und Photographieren und werden die Netze anschließend zerschnitten, besteht kaum eine Gefahr, daß die Spinnen unbemerkt mehr fressen. Wir haben zur Kontrolle die Menge der gefressenen Fliegen bei jeder Spinne täglich protokolliert. Von Zeit zu Zeit kann man Wasser gegen das Netz sprühen, da die Spinnen immer durstig sind.

Pharmakologische Methodik

Um von einer Spinne möglichst viele Netze messen zu können, wird grundsätzlich möglichst jedes Netz photographiert. Im allgemeinen wird dabei so vorgegangen, daß am Morgen, ehe Fliegen und Staub das Netz beschädigt haben, die fertigen Netze protokolliert werden, worauf die Rahmen mit den Netzen in einen Glaskasten gestellt und eingeschlossen werden.

Im Glaskasten werden die Spinnen „geräuchert“, eine Methode, die wir der mündlichen Mitteilung von Professor HOMANN verdanken. Die Rahmen werden dicht aneinander gestellt (damit sie stehen, tragen sie an der Unterleiste kleine Querstäbe), dazwischen Schälchen mit rauchender Salzsäure, in denen wieder kleinere Schälchen mit verdünntem Ammoniak stehen. Die Verdünnung der beiden Flüssigkeiten muß so sein, daß der Kasten in wenigen Minuten mit dichtem, weißem Rauch angefüllt ist. Die Tiere sollten nicht länger als 30 min im Rauch bleiben, da sie sonst unruhig und gestört werden. Wenn man einige Male „geräuchert“ hat, wird man schnell die Bedingungen (Konzentration der Lösungen,

Größe des Kastens, Dauer des Räucherns) erlernen, so daß nähere Anweisungen zwecklos wären.

Die geräucherten und nun deutlich erkennbaren Netze werden vor einem Kasten aufgestellt, wie er in Abb. 23 gezeigt ist. Die Beleuchtung von beiden Seiten läßt die Fäden weiß erscheinen vor einem schwarzen Hintergrund, der durch den unbeleuchteten Hohlraum des mit mattem, schwarzem Papier ausgeschlagenen Kastens gegeben ist. An dem Rahmen wird ein Maß befestigt; wir verwendeten dazu eine Gabel, deren Zinken 20 mm Abstand haben, und die mit einer Schraube

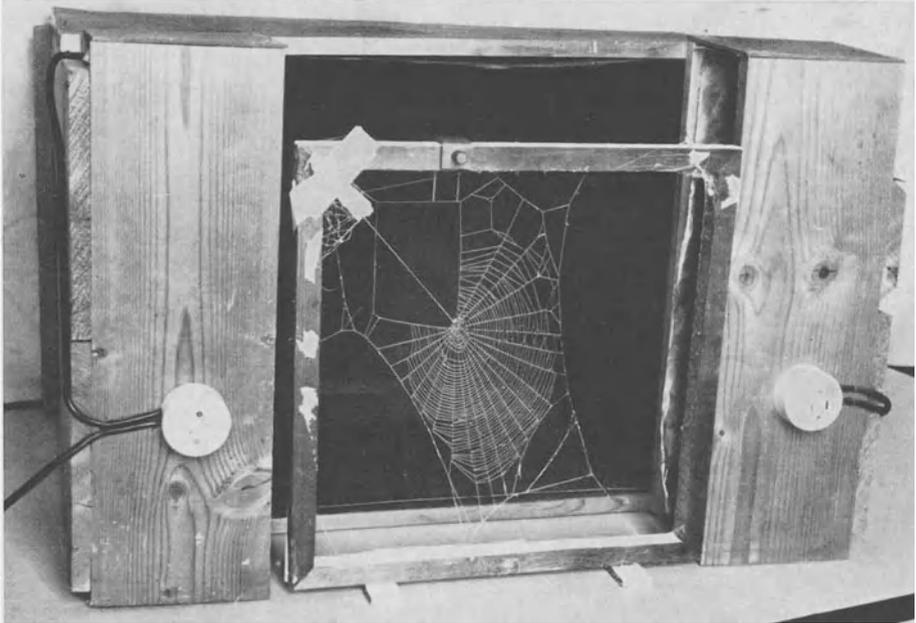


Abb. 23. Der Kasten, wie er im Berner Laboratorium zur Anfertigung von Netzaufnahmen verwendet wird

am Rahmen fixiert werden kann (siehe auch oberen Rahmenrand der Abb. 23). Da diese Gabel dann auf der Photographie zu sehen ist, kann das Negativ leicht wieder auf die ursprüngliche Netzgröße zurückvergrößert werden. Die Aufnahmen wurden mit der Kleinbildkamera „Alpa“ Spiegelreflex gemacht, wobei als billiges Filmmaterial harter, schwarzweißer Kontrastfilm verwendet wurde. Die Scharfeinstellung auf der Mattscheibe erwies sich als vorteilhaft für die nachherige Ausmessung; es wurde ferner stark abgeblendet. Das Zimmer wurde bei der 40 sec Belichtungszeit (Blende 4) verdunkelt und Luftzug vermieden, da die Netze sonst leichte Bewegungen zeigen. Durch angelegte Winkel wurde die Ebene des Netzes möglichst genau senkrecht zur optischen Achse des Kamera-Objektivs eingestellt, damit die Proportionen im Bild nicht verzerrt erscheinen.

Sowie die Negative entwickelt sind, kann die Auswertung, evtl. schon am gleichen Tage, erfolgen. Dazu wird das Negativ am besten in einen Kleinprojektor eingespannt und so weit vergrößert, daß das Netz (und der 20 mm Maßstab) die ursprüngliche Größe oder ein Vielfaches davon zurückerhält. Abb. 24 zeigt einen Auswertungsbogen, wie er sich uns bewährt hat. Hier werden von mindestens

3 aufeinanderfolgenden Tagen die Negative eingesteckt oder Photographien aufgeklebt, wobei das erste Bild das Netz am Tage vor der Behandlung zeigt. Die anderen sind an den folgenden Tagen gebaute Netze. Die Maße für jedes Netz,

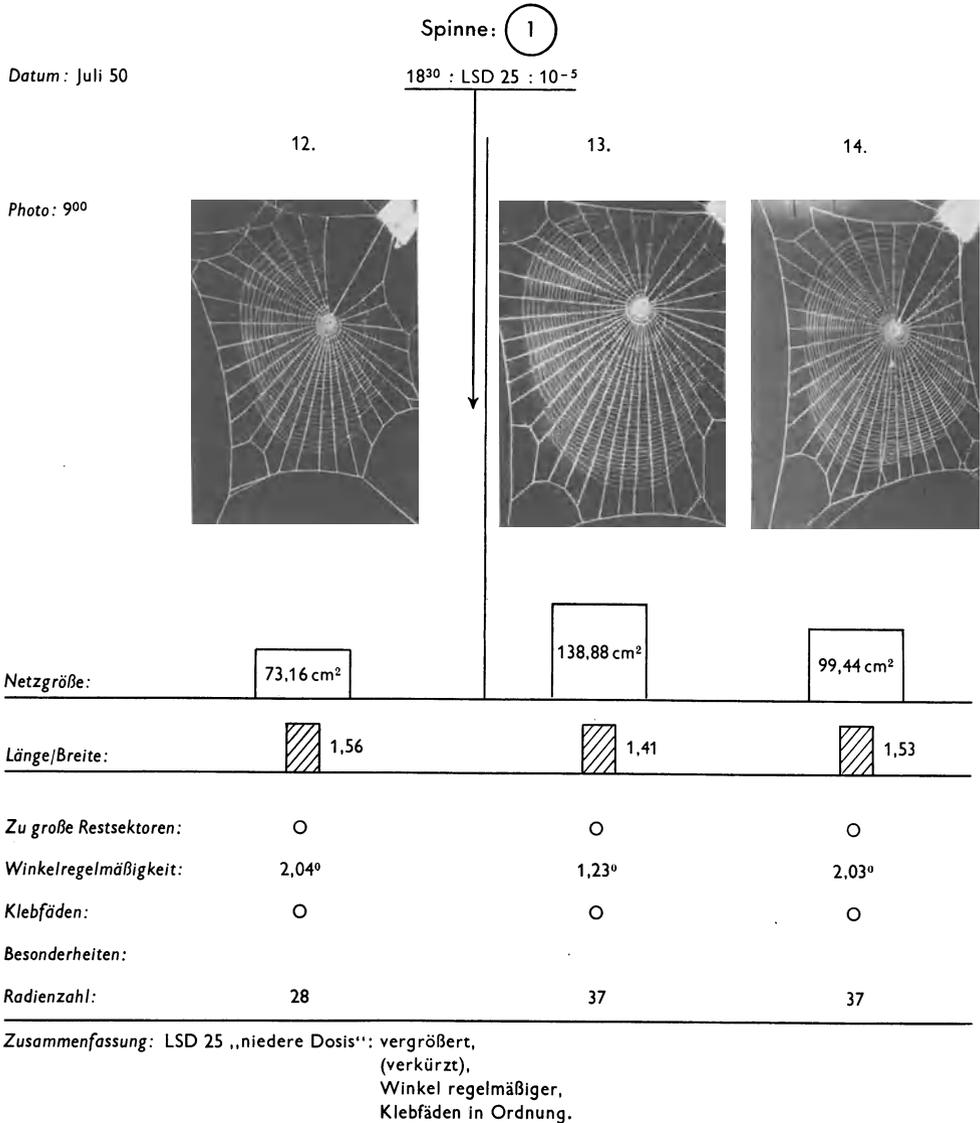


Abb. 24. Beispiel eines Auswertungsbogens

die auf der Rückseite des Blattes berechnet werden, können dann unter dem betreffenden Netz in die einzelnen Rubriken eingetragen werden. Bei der Größe des für einen Test notwendigen Materials an Photographien und Maßzahlen stellt dieser Bogen eine praktische Maßnahme dar, um die Übersicht zu behalten und Verwechslungen zu vermeiden. Auch lassen sich Ergebnisse auf diese Weise immer wieder nachkontrollieren.

Als erstes Maß wird die *Größe der Fangfläche* errechnet. Dazu wird mit einem Planimeter dem äußersten Klebfaden entlang gefahren (Abb. 25 und Abb. 26), wobei der freie Sektor sinngemäß ergänzt wird. Abb. 26 gibt den Weg schematisch wieder, während Abb. 25 das Gleiche an einem praktischen Beispiel zeigt. Die Größe wird in cm^2 in den Auswertungsbogen eingetragen, wobei zur Kontrolle der Mittelwert aus mindestens 3 Messungen verwandt wird. Die Zahlen für den zweiten

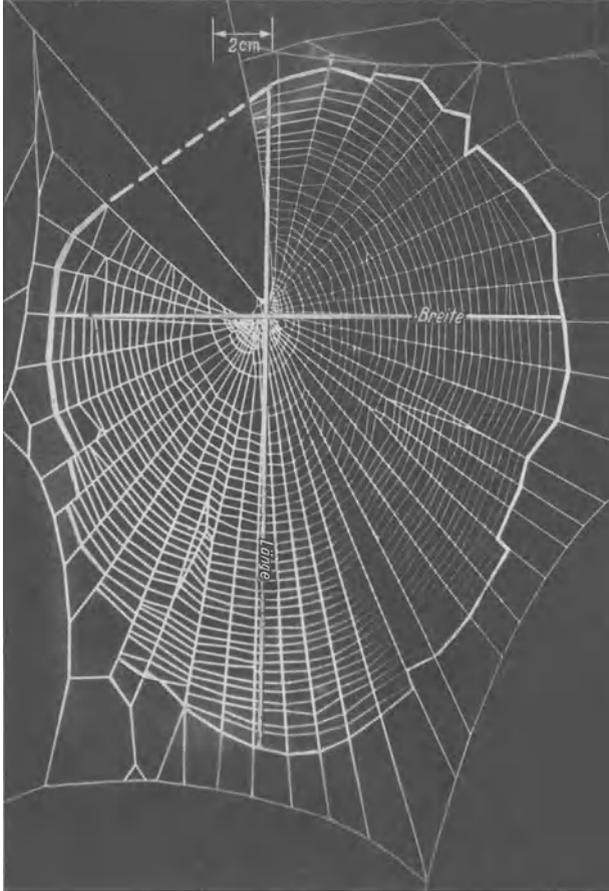


Abb. 25. Fangfläche eines Zilla-Netzes, wie sie mit dem Planimeter umfahren wird, Aufnahme. Länge und Breite als Beispiel auch eingetragen

und dritten Tag können dann jeweils von der des ersten abgezogen werden, so daß die Größe der Differenz Aufschluß über eine Zu- oder Abnahme der Größe gibt. Diese Differenzen können dann jeweils für eine Gruppe mit dem theoretischen Wert Null (gleichgroße Netze an aufeinanderfolgenden Tagen; siehe unten unter Normalmassen) mit Hilfe des t-Testes von STUDENT verglichen werden.

Das zweite Maß, das wir zur Auswertung verwendet haben, ist das Verhältnis von *Länge* (Höhe) zu *Breite* des Netzes bzw. der Fangfläche. Aus den Versuchen von PETERS (1939b) wissen wir, daß die Spinne das Netz oval mit der längeren Achse in der Richtung der Schwerkraft anlegt. Sollte die Orientierung hierbei

gestört sein, müßte sich das im Verhältnis der Maßzahlen äußern. Wir können also eine Netzverlängerung bzw. -verbreiterung feststellen. Abb. 25 zeigt das verwandte Verfahren im Beispiel eines Netzes. Die Erfahrung hat gezeigt, daß wir damit wahrscheinlich kein wesentliches Maß bzw. keine einheitliche und störbare Funktion erfaßt haben, sonst wären die im Bilde oft auffallenden Abnormitäten besser zum Ausdruck gekommen. (Siehe auch unter Nembutal). In der zusammenfassenden Tabelle wird als „Verlängerung“ eine unter dem Einfluß einer Substanz erkennbare deutliche Verschiebung der Proportionen zu Gunsten der Längsachse bezeichnet, die sich statistisch sichern läßt.

WOLFF u. HEMPEL (1951) sind anders vorgegangen, um diese Proportion bzw. ihre Veränderung zu erfassen. Sie haben Typen von Netzformen aufgestellt, und haben die einzelnen Netze solchen Typen zugeordnet. Dieses Vorgehen erfaßt zwar die Form des Netzes besser als das von uns geschilderte; es enthält aber so viel unberechenbare, persönliche Willkür, daß es bei verschiedenen Beobachtern zu verschiedenen Resultaten führen muß. Aus diesem Grunde wird diese Methode hier nicht empfohlen.

Eine besser verwendbare Aussage über die Asymmetrie der Netzfläche scheint sich durch das Messen der *Asymmetrie der Nabe* in der Fangfläche des Netzes machen zu lassen. PETERS (1939b) berichtet über Beobachtungen, die uns zu entsprechenden Messungen angeregt haben. Er führte Unregelmäßigkeiten des Fangbereichs auf Unregelmäßigkeiten des Rahmens und damit auf räumliche Verhältnisse zurück. Veränderungen an der Baustelle sind im Laboratorium durch den Holzrahmen ausgeschlossen, so daß wir in dieser Beziehung mit Regelmäßigkeit rechnen können. Die an der Nabe meßbare Unregelmäßigkeit des Fangbereichs muß also auf Substanzeinflüsse zurückgeführt werden. Das Maß wird in folgender

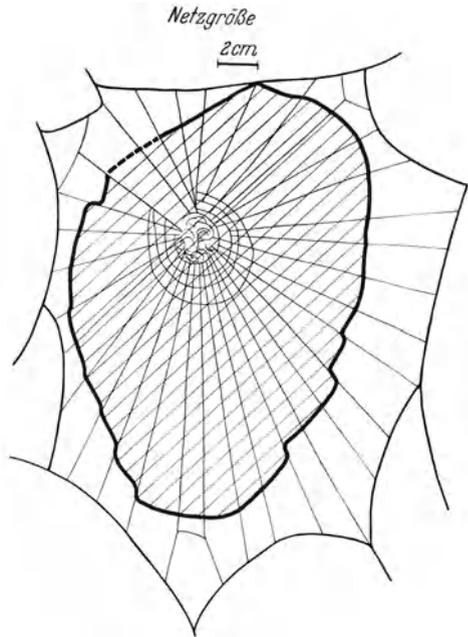


Abb. 26. Schematische Darstellung der Netzgröße

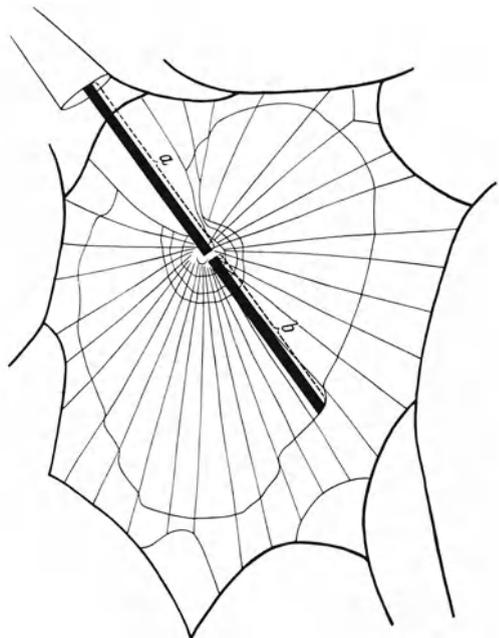


Abb. 27. Schematische Darstellung der Nabensymmetrie

Weise gewonnen (Abb. 27): Die Länge des Signalfadens vom Schlupfwinkel bis zur Nabe (a) wird mit der geraden Verlängerung dieser Linie von der Nabe bis zum gegenüberliegenden Rand des Fangbereichs (b) verglichen. Der Quotient a/b ist die gesuchte Maßzahl für die Asymmetrie der Nabe. Der statistische Vergleich wird dann für die Streuungen der Normalnetze s_1^2 gegen die Streuung der Substanznetze s_2^2 mit dem F-Test (LINDNER 1951) $F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$ durchgeführt.

Ferner kann die Fangfläche relativ klein im Verhältnis zu der vom Rahmen umgrenzten und mit Radien besponnenen Fläche sein. Dies kann seine Ursache darin haben, daß die Klebspirale weit vom Rahmen begonnen wurde (Abb. 32 c) oder daß sie vorzeitig im Zentrum endet (Abb. 34). Um zufällige Variationen beim Messen durch Unregelmäßigkeiten des Rahmens möglichst auszuschalten, haben wir den Mittelwert aus je einer Messung in der Horizontalen und in der Vertikalen berechnet. Das Verfahren im einzelnen ist schematisch in Abb. 28 wiedergegeben.

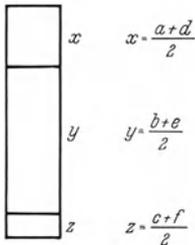
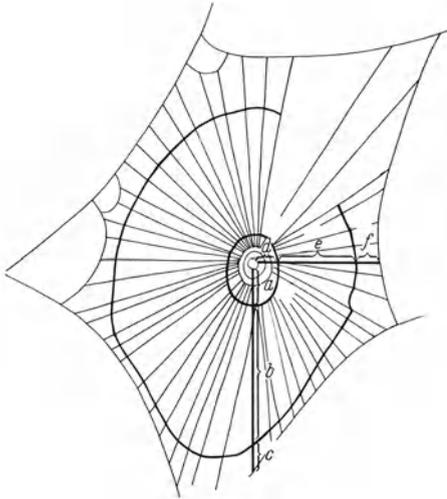


Abb. 28. Schematische Darstellung des Verhältnisses von besponnener zu unbesponnener Netzfläche

Als nächstes wurde die Zahl der übergroßen Sektoren (zu großen Winkel) zwischen den Radien bestimmt. Als zu groß wurden solche Sektoren bezeichnet, die größer als die Summe ihrer beiden Nachbarwinkel waren. WOLFF u. HEMPEL (1951) geben eine Einteilung der übergroßen Sektoren in 1. Restsektoren und 2. Winkellücken. Als Restsektoren werden solche Winkel bezeichnet, die nach außen durch 2 zusammentreffende Rahmenfäden abgeschlossen werden (Abb. 29 a). Ihre Unterteilung bedarf meist eines besonderen Arbeitsaufwandes von Seiten der Spinne, die nämlich

hier einen Hilfsrahmenfaden einsetzen müßte (Abb. 7). Die Winkellücken hingegen werden von WOLFF u. HEMPEL auf Orientierungsstörungen zurückgeführt (siehe oben das unter Netzbau Gesagte). Wenn wir es athropomorph ausdrücken wollen, so hat die Spinne im ersten Fall flüchtig gearbeitet, im zweiten hat sie sich ungenügend orientiert. Beides scheint nicht grundsätzlich verschieden, und da im fertigen Netz Unsicherheit über die Zuteilung der übergroßen Winkel in eine der beiden Gruppen besteht, haben wir auf die Unterteilung verzichtet. Unsere Messungen betreffen also mehrfach die durchschnittliche Zahl übergroßer Winkel pro Netz. (Über auftretende Fehlerquellen siehe unter Nembutal).

Die *Winkelregelmäßigkeit* wurde nach dem Schema in Abb. 29 b bestimmt. Alle Winkel zwischen den Radial rings um die Nabe wurden gemessen, und zwar die Schenkel als Verbindungslinien zwischen einem angenommenen Mittelpunkt in der Nabe und dem Ansatzpunkt des Radialfadens am Rahmen. Auf diese Weise konnte der Verlauf der Radialen unabhängig von späteren Durchbiegungen durch Klebfäden erfaßt werden. Nun wurde die Differenz je zweier Nachbarwinkel in Grad gebildet und das arithmetische Mittel aller Differenzen berechnet. Daraus läßt sich die Regelmäßigkeit ablesen. Wenn sich nämlich die Winkel vom oberen Teil des Netzes (große Winkel) zum unteren Teil hin (kleine Winkel) langsam verändern, so macht das in der Differenz der Nachbarwinkel kaum etwas aus. Dagegen fallen verschieden große Nachbarwinkel stark ins Gewicht. Als Beispiel betrachte man die Netze in Abb. 46 a (regelmäßige Winkel) und Abb. 46 b (unregelmäßige Winkel).

Die Werte für die *Klebfadenregelmäßigkeit* wurden auf gleiche Weise gewonnen. Im unteren Teil des Netzes wurden die Anheftstellen der Klebfäden an 3 benachbarten Radialen von außen nach innen in zwanzigstel mm gemessen, und wieder jeweils die Nachbarwerte voneinander subtrahiert und das arithmetische Mittel gebildet.

All die aufgeführten Maßzahlen schwanken stark von einem Netz zum anderen. Sie schwanken aber geringer beim Vergleich zweier Netze derselben Spinne

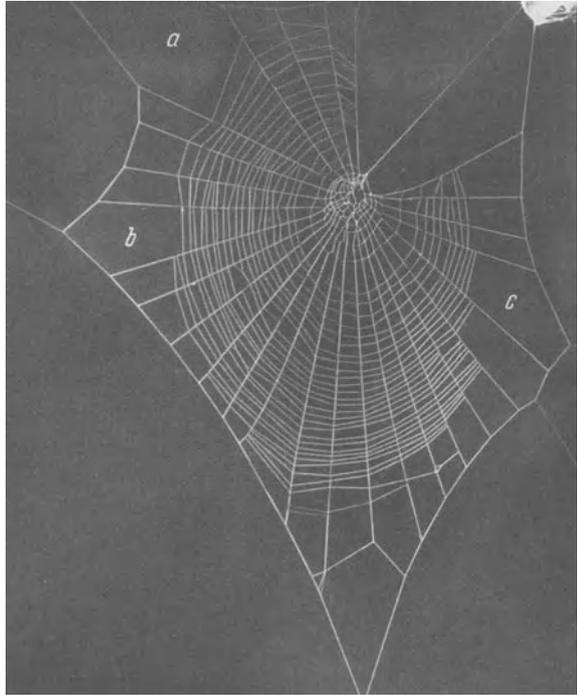
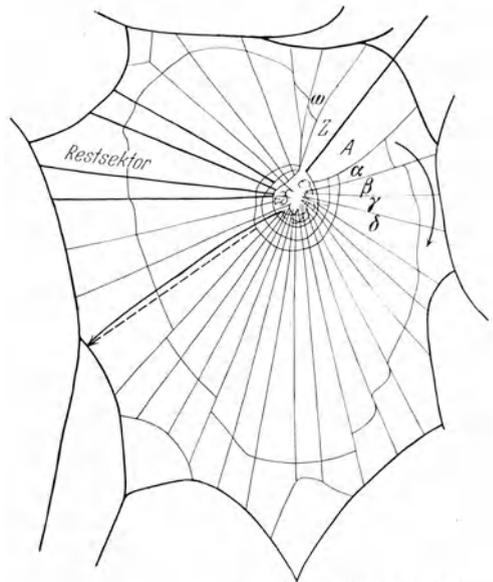


Abb. 29 a. Netz mit 3 übergroßen Sektoren



$$\text{„Winkelregelmäßigkeit“} = \frac{(A-\alpha) + (\alpha-\beta) + \dots + (\omega-Z)^0}{n}$$

Abb. 29 b. Schematische Darstellung der Winkelregelmäßigkeit

(vergleiche auch das oben unter „Individualität der Spinne“ Gesagte). Deshalb haben wir beinahe immer die Auswertung so vorgenommen, daß wir die Differenzen zwischen den Maßzahlen der Netze einer Spinne am Vortag und am Tage nach der Behandlung bildeten, und die Mittelwerte aller auf die gleiche Weise gewonnenen Differenzen mit dem T-Test von STUDENT mit dem theoretischen Wert Null verglichen (vergleiche auch LINDER 1951)¹. Auf diese Weise sollte die interindividuelle Streuung weitgehend ausgeschaltet werden und mit einer möglichst geringen Versuchszahl signifikante Ergebnisse erzielt werden. Dies Vorgehen bedarf einer Kontrolle, die durch ständige Untersuchung der gleichzeitig unbehandelten Spinnen durchgeführt wird. Man kann natürlich auch alle unbehandelten mit allen behandelten Netzen vergleichen, wobei man nur Resultate erhält, wenn der Substanzeinfluß größer als die interindividuelle Streuung ist. (Siehe auch das unten unter „Testdauer und -menge“ Gesagte).

Von Zeit zu Zeit fielen Netzveränderungen auf, für die keine Maßzahl gefunden wurde. Solche Veränderungen werden extra erwähnt werden, sie werden beschrieben; ihnen wird aus Mangel an Objektivierbarkeit kein entscheidender Wert für den quantitativen Test beigemessen.

Normalmaße des Zilla-Netzes

Die Angabe von Normalmaßen geschieht mit Vorbehalt: Es gibt weite Streuungen der einzelnen Maßzahlen von Individuum zu Individuum und von Monat zu Monat, sehr viel geringere Streuungen bei Netzen desselben Tieres an mehreren Tagen hintereinander. Von letzterer Tatsache machen wir bei der Auswertung von Substanzversuchen Gebrauch (siehe oben), indem wir Netze des gleichen Tieres vergleichend an mehreren Tagen hintereinander messen.

Die im Folgenden gegebenen Maße sind willkürlich aus dem Beobachtungsmaterial herausgegriffen. Für die Auswahl der Proportionen folgen wir den Arbeiten von PETERS, der diese Maße zur Feststellung von Gesetzmäßigkeiten in den Proportionen des Netzes gewählt hat und eigenen Erfahrungen beim Testen von Substanzen.

Das Maß für die Netzgröße mißt etwa die Ausdehnung der Fliegen fangenden Fläche, das heißt den mit der Klebspirale besponnenen Teil des Netzes. Die Größe der Fangfläche wächst wohl mit Alter und Hunger der Spinne, vielleicht auch mit ihrer Körpergröße. Systematische Messungen sind mir nicht bekannt.

PETERS (1939 b) schreibt: „Es ist bekannt, daß Radnetzspinnen bei reichlicher Ernährung kleinere Netze bauen als sonst (McCOOK 1889, WIEHLE 1927)“⁴. Auch WOLFF u. HEMPEL (1951) glauben ein Kleinerwerden der Netze bis völlige Unterbrechung im Netzbau nach überreichlicher Ernährung beobachtet zu haben. Wir können dazu keine eigenen Beobachtungen anführen, da die Spinnen im Laboratorium immer auf einer kontrollierten, konstanten Diät gehalten wurden. Unter unseren Versuchsbedingungen scheint nichts als ein langsames Anwachsen der Netzgröße im Laufe des Lebens der Spinnen vorzukommen.

Das Mittel für 257 vermessene Netze betrug bei uns 196,7 cm², die äußersten Werte waren 59,0 und 556 cm². Die vermessenen Netze bedeuten natürlich eine gewisse Auswahl, da zu kleine Netze für Versuche unbrauchbar sind und daher nicht vermessen wurden, andererseits die Größe der Holzrahmen den Netzen eine

¹ In einer neueren Arbeit (Witt, 1956 b) wurden statt der Differenzen die Quotienten je zweier Maßzahlen gebildet und dann mit dem theoretischen Wert Eins verglichen.

Grenze nach oben setzt. Ich habe allerdings auch in der Natur keine größeren Netze als die vermessenen beobachten können. Einen Beweis für das Größerwerden der Netze während des Spinnenlebens bilden Durchschnittszahlen der Netzgröße von im Frühjahr geborenen, gefangenen, im Laboratorium knapp ernährten Spinnen verschiedener Jahre, die nach Monaten gruppiert wurden.

49 im Juni	vermessene Netze	hatten eine durchschnittliche Größe von	154,0	cm ²
50 im Juli	„	„	„	„
49 im August	„	„	„	„
13 im September	„	„	„	„

Daß dieser monatliche Zuwachs nicht auf Zufall beruht, ergibt der T-Test zwischen den Mittelwerten des Juni und September, wobei der Unterschied mit $T = 11, 2399$ unter 0,0002 gesichert ist.

Die Größe der Winkel zwischen den Radien ist in verschiedenen Abschnitten des Netzes nicht gleich; so sind im allgemeinen die oberen Winkel größer als die unteren, und an den Rahmenecken befinden sich oft größere Sektoren, über deren Entstehungsweise bereits berichtet wurde. Die Winkelregelmäßigkeit betrug bei 147 Netzen in einem Jahr vermessen im Mittel 3,66°, wobei das unregelmäßigste Netz 8,03 und das regelmäßigste 1,54° hatte. Die Zahl übergroßer Sektoren in den gleichen Netzen festgestellt betrug im Mittel 0,87 pro Netz.

KÖNIG (1951) gibt eine normale mittlere Radienzahl von 25 an, äußerste Werte von 21 bis 31; TILQUIN (1942) zählt bei Zilla 20 bis 41 Radien. Dies stimmt nicht mit unseren Beobachtungen überein, wo wir an 104 Zilla-Netzen während der gleichen Monate wie KÖNIG in Bern eine durchschnittliche Radienzahl von 42,5 zählten mit Werten zwischen 20 und 60. Es stellt sich die Frage, ob ein Unterschied zwischen Freiburger (KÖNIG) und Berner (WITT) Netzen von Zilla-x-notata Cl. besteht, oder ob die anderen Zahlen auf Laboratoriumsbedingungen zurückzuführen sind. Deshalb wurden die Radien von 48 von mir im Jahre 1948 im Laboratorium in Tübingen photographierten Zilla-Netzen gezählt: diese ergeben eine mittlere Radienzahl von 24,4 mit äußersten Werten von 18 und 32, also mit KÖNIG übereinstimmend. Die Epigynen, das deutlichste Merkmal der Species, waren bei Tübinger und Berner Zilla gleich (WITT 1955). Die Unterschiede in der Radienzahl zwischen Tübingen und Bern sind mit $T = 4,7175$ bei $P 0,001 = 3,361$ statistisch stark gesichert. Es wird daraus zu schließen sein, daß die Tübinger bzw. Freiburger (im Breisgau) Spinnen von den Berner verschieden sind, wobei sie sich im Netzbau, nicht aber in den Epigynen unterscheiden. Weitere Untersuchungen sind im Gange.

Für die Feststellung der Regelmäßigkeit der Spirale dienen die oben angegebenen Maße des Abstandes der Anheftpunkte an den Radien. 78 im Laufe von 4 Jahren ausgemessene Normalnetze ergaben eine mittlere Regelmäßigkeit von 0,669 mm pro Netz, wobei die höchste gemessene Unregelmäßigkeit 1,7 mm, die niedrigste 0,378 mm pro Netz betrug. Die Schwankungen der Werte sind gering, die meisten liegen dicht am Mittelwert.

Das Zilla-Netz ist gewöhnlich im senkrechten Durchmesser größer als im waagerechten. Wahrscheinlich drückt sich in diesem Maß eine Orientierung der Spinne nach der Schwerkraft aus. In 79 auf diese Weise vermessenen Netzen betrug das mittlere Verhältnis Länge/Breite 1,36; das längste Netz maß 1,80, das breiteste 1,03; es kam also kein Netz vor, das breiter als länger war, und ein solches Netz ist sicher eine Ausnahme.

Applikation und Dosierung

Die Ausarbeitung der Applikationsmethode verdanken wir WOLFF (1950, 1951). In unseren Versuchen haben wir 2 verschiedene Methoden benutzt, je nachdem ob wir eine exakte Dosierung oder nur eine annähernde Genauigkeit anstrebten. Grundsätzlich soll die Applikation so einfach wie möglich und natürlich gestaltet werden, damit die Spinne möglichst wenig in ihrem normalen Verhalten beeinträchtigt wird.

Aus den Versuchen von PETERS (1933 b) über den Beutefang der Spinne wissen wir, daß mehrere Faktoren dabei eine Rolle spielen. Ein Schwingungsreiz bewirkt das Herausheilen der Spinne und einen langen Biß in die gefundene Beute. Geruchs- und Tastreiz veranlassen die Spinne zum Einwickeln des Tieres, und schließlich ist ein Geschmacksreiz nötig, damit der Abtransport in die Warte erfolgt. Das noch experimentell von PETERS (1931) festgestellte Vorhandensein eines Gewichtsreizes, der für die Art des Abtransportes (hinten oder vorne) verantwortlich ist, interessiert für unsere Versuche nicht.

Der Schwingungsreiz wird durch eine Stimmgabel (BOYS 1880) oder durch eine ins Netz gehängte lebende Fliege dargestellt. Dieser Reiz kann zwar nicht beliebig oft direkt hintereinander angewandt werden, erweist sich aber als völlig ausreichend für die Applikation von Medikamenten. Die herausheilende Spinne stürzt sich auf die Beute und versetzt ihr einen Biß.

Interessant ist in diesem Zusammenhang auch ein von H. P. RIEDER, Basel erdachtes Verfahren: man sprüht Wasser gegen das Netz, woraufhin die Spinne beinahe immer herausheilt. Dies beweist unter anderem, daß auch die einmalige Erschütterung der gegen das Netz prallenden Fliege als Reiz für die Spinne eine Rolle spielt.

Damit die Spinne nun die Beute annimmt und beginnt, das Medikament einzusaugen, müssen 2 Faktoren gegeben sein: eine bestimmte Oberfläche und ein „guter“ Geschmack im Inneren. Zum Vortäuschen einer Beuteoberfläche kann man entweder nach WOLFF einen ausgedrückten Fliegenhinterleib verwenden (*Lucilia caesar* oder *Musca domestica* wurden von uns benutzt), der mit der zu prüfenden Lösung gefüllt ist, oder man kann der Spinne, während sie die gefundene *Drosophila* einwickelt, einen Tropfen an die Mundteile hängen (Abb. 30). Das erste Verfahren hat den Vorteil der genaueren Dosierbarkeit, indem man den flüssigkeitsgefüllten Hinterleib vor und nach dem Trinken wiegen kann und die getrunkene Menge daraus errechnet. Das letztere Verfahren ist viel einfacher und führt meist zu brauchbaren Resultaten, da die Trinkmenge der Spinne nicht stark schwankt (etwa 4 mg Lösung bei einem erwachsenen Weibchen). Die Reste eines zu großen Tropfen werden einfach abgestreift.

Die Substanz muß sich in Lösung befinden, da Spinnen immer durstig sind und keine feste Nahrung zu sich nehmen. WOLFF machte die überraschende Entdeckung, daß Zufügen von Zucker zur Lösung (Rohrzucker) die Spinnen zu langem, gierigem Saugen veranlaßt, also wohl einen ausgesprochen günstigen Geschmacksreiz darstellt. In zahlreichen Kontrollversuchen wurde gezeigt, daß Zuckerwasser selbst keinen Einfluß auf den Netzbau hat. Zwar sind bereits Versuche mit Geschmacksstoffen an Spinnen beschrieben (BONNET 1924, BARTELS 1929), die zur Analyse ihres Geschmackssinnes gemacht worden sind, aber über Zucker scheint nichts bekannt zu sein. In einer für den Menschen gut süß schmeckenden Lösung von Zucker in Leitungswasser wurde jedes Medikament genommen.

Die verschiedenen Phasen der Wirkung einer Substanz können durch Variation der Applikationszeit erfaßt werden. Da die Netzbauzeit festliegt (siehe oben unter „Auslösung des Netzbauens“), läßt sich aus dem zeitlichen Abstand Applikation — Netzbauzeit leicht die Zeit errechnen, zu der wir die Medikamentwirkung im Netz



Abb. 30. Spinne im Netz, durch eine *Drosophila* herausgelockt, einen Tropfen trinkend. (Aufnahme J. J. Weitmann)

erfaßt haben. Alle Versuche haben gezeigt, daß es genau darauf ankommt, daß man die Zeit für die Applikation so wählt, daß der Höhepunkt der Wirkung genau auf die Netzbauzeit fällt. Es ist z. B. möglich, daß die unsicheren Ergebnisse mit Mescalin auf einem individuell verschieden schnellen Wirkungseintritt zurückzuführen sind und damit die Wirkung nicht immer zur rechten Zeit erfaßt wurde.

Eine Verteilung der Lösung ist durch das verzweigte Verdauungssystem gewährleistet (siehe unter Anatomie). Die Substanzen scheinen nicht nur langsam verteilt zu werden (später Wirkungseintritt), sondern sie werden wohl auch lange vorrätig gehalten (lange Wirkungsdauer), so daß wir hier sicher mit großen Unterschieden zwischen der Prüfung am Warmblüter und an der Spinne rechnen müssen. Unsere Versuche reichen noch nicht aus, um viel über die Zeiten auszusagen, aber es scheint, daß die meisten Substanzen von Spinnen gut resorbiert werden und unzerstört an ihren Wirkungsort gelangen.

WOLFF u. HEMPEL (1951) haben auch mit einer Applikation per injectionem Versuche gemacht. „Die Injektion selber konnte mit einer Mikrospritze, die als Kanüle eine fein ausgezogene Glascapillare enthielt, ausgeführt werden (Bergold-Spritze). Die Spritze wurde in einem Stativ befestigt; die mit Äther betäubte Spinne auf einem Paraffinblock mit dem Rücken nach oben an die Kanüle gebracht. Es wurde seitlich in die Gegend der Mitteldarmdrüsen, die in großer Zahl und Ausdehnung unter dem dorsalen Chitinpanzer liegen, eingestochen (cave Herzschnlauch in der Medianlinie!). Meist wurden 4—5 mm³, aber auch bis zu 10 mm³ injiziert . . . Von 9 Tieren der Leerversuche starb nur eines unmittelbar nach der Narkose (es war schon vorher im Absterben). Die anderen 8 waren schnell wieder munter und zeigten nichts Auffälliges. Erst nach 3—4 Tagen starb ein Teil von ihnen (von 5 Tieren 3) offenbar an den Folgen der Verletzung durch die Injektion“. Für uns ist noch die Beobachtung von WOLFF u. HEMPEL wichtig, daß sich die Wirkung der Substanz (Pervitin) nach Injektion grundsätzlich nicht von der Wirkung nach Applikation per os unterschied.

Die Dosierung erfolgte durch Bestimmung der Konzentration der zu applizierenden Lösung, und die verabreichte Menge kann dann errechnet und auf das Körpergewicht bezogen werden. Hierauf wurde im allgemeinen verzichtet, da das Körpergewicht zu sehr von dem Füllungszustand der Spinnndrüsen und des Nahrungsschlauches abhängt und es kaum für die Größe des beeinflussten Zentralnervensystems repräsentativ erscheint. WOLFF u. HEMPEL geben Gewichtsschwankungen zwischen 40 und 140 mg für ihre Tiere an.

Einige wenige Versuche liegen vor, bei denen Medikamente den Spinnen durch Inhalation appliziert wurden. Es wurden Äther und Chloroform verwandt. Abgesehen davon, daß für mehrere Rahmen mit Spinnen recht große luftdichte Behälter nötig sind, bestehen keine Schwierigkeiten bei solchen Versuchen, und die Spinnen reagieren, den Erwartungen entsprechend, wie nach Applikation per os. Siehe hierzu auch die neueren Versuche von SCHWARZ (1956) mit Äther und Stickoxydul und EPELBAUM (1956) mit Kohlenoxyd und Kohlendioxyd.

Testdauer und -menge

Wie lange dauert die Durchführung der Testung einer Substanz, und wieviel Flüssigkeit ist dafür nötig? Bisher wurde fast immer ein statistisch gesicherter Ausschlag einer Maßzahl nach Ausmessung von etwa 20 Substanznetzen gefunden (vorausgesetzt natürlich, daß die Abweichung nicht besonders gering oder unregelmäßig auftretend ist). Wesentlich größere Versuchsserien, die vielleicht noch feinere Abweichungen aufgedeckt hätten, wurden wegen des damit verbundenen Zeitaufwandes nicht durchgeführt. (Ausnahmen siehe bei WOLFF u. HEMPEL (1951): mit Pervitin 43 Versuche und mit Scopolamin 60 Versuche, — die dagegen

keine statistischen Auswertungen vornahmen). In einigen Versuchsserien wie beim Benzopyran 122 (13 Netze) konnte der Nachweis einer Netzveränderung

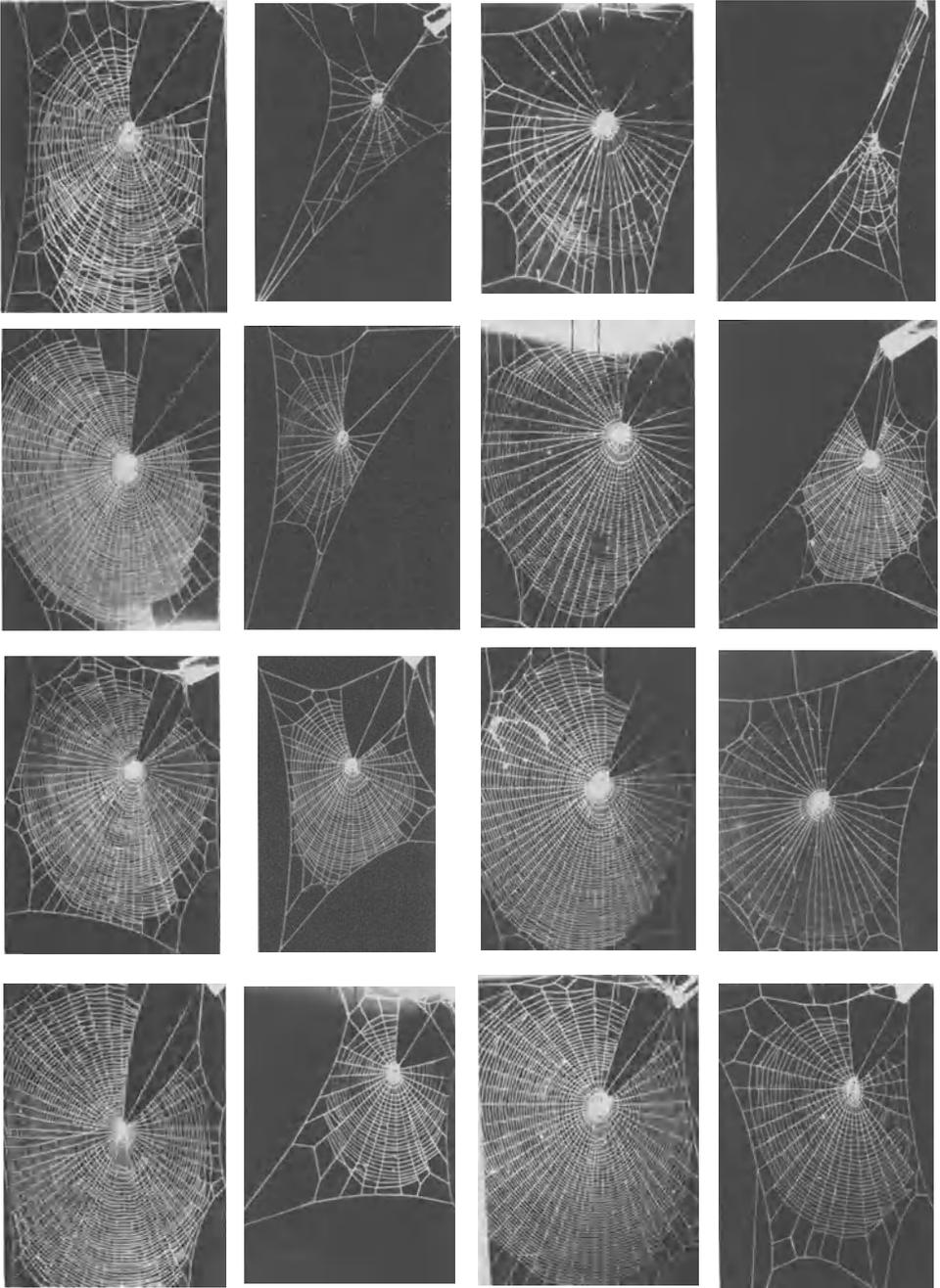


Abb. 31 a.

Abb. 31 b.

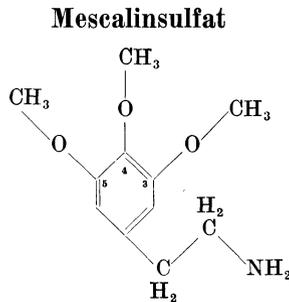
Abb. 31. Beispiel für die Streuung eines Versuches an einem Tag mit einer Substanz bei verschiedenen Spinnen, jeweils links das „Normalnetz“ des Vortages und rechts das Netz nach Adrenochrom (alte Lösung) am Tage darauf

schon mit kleineren Zahlen geführt werden. Als Beispiel der Variation in einem Einzelversuch, der mit 8 Spinnen durchgeführt wurde, bringen wir Abb. 31.

Um 20 Substanznetze zu erhalten, muß die Lösung etwa 40 Spinnen appliziert werden, da am Tage nach der Applikation die Bauhäufigkeit nach den meisten Substanzen auf 50 % reduziert ist. Das Ganze sollte zumindest zu 2 verschiedenen Applikationszeiten durchgeführt werden (siehe oben), etwa 6 und 12 Std vor dem Netzbau, was die Zahl der notwendigen Applikationen auf 80 verdoppelt. Wenn jede Spinne etwa 4 mg Flüssigkeit trinkt, so sind das etwa 320 mg Flüssigkeit, die appliziert werden müssen. Die Ausmessung von 40 Netzen mit Kontrollen am Vortag und 2. Tag nimmt mindestens 4 Arbeitswochen einer Person in Anspruch.

Ergebnisse im pharmakologischen Experiment, verglichen mit bekannten Wirkungen der gleichen Substanzen am Menschen

Die im Folgenden vorgenommene Gegenüberstellung der Wirkung auf Mensch und Spinne ist im Sinne einer vergleichenden Pharmakologie aufzufassen; gleichzeitig soll die bekannte Wirkung der Substanzen am Menschen zum Verständnis des veränderten Netzbauens der Spinne beitragen.



Mescalin wurde im Laufe von 2 Sommern in der Konzentration 10^{-2} in Zuckerwasser in einer durchschnittlichen Dosierung von 100 γ /Tier an insgesamt 56 Spinnen 6 Std vor der Netzbauzeit verfüttert.

Die Tiere zeigten danach verglichen mit dem Vortag eine Netzbauhäufigkeit von 67,9%, was keinen Unterschied gegen die unbehandelten Tiere (Netzbauhäufigkeit 88,2%) in der gleichen Zeit erkennen läßt. Sowohl für die Netzgröße, als auch die Länge und die Zahl übergroßer Sektoren konnte kein Unterschied gegenüber der Norm gesichert werden. Dagegen waren folgende 3 Maßzahlen stark gesichert verändert:

1. die Winkelregelmäßigkeit stark gesichert vermindert,
2. die Klebfadenregelmäßigkeit stark gesichert vermindert,
3. die Spirale brach gegen das Netzzentrum zu entweder vorzeitig ab oder strebte in wenigen großen Zügen der Nabe zu.

Typische Mescalinnetze zeigen Abb. 32, 33, 34, wobei Abb. 32a ein Normalnetz eines Individuums mit dem Netz desselben Individuums nach Mescalin vergleicht.

Abb. 35 stellt den steileren Verlauf der Spirale gegen die Nabe hin graphisch dar, wobei das „Normalnetz“ zum Vergleich auf dieselbe Weise ausgewertet ist. Dabei

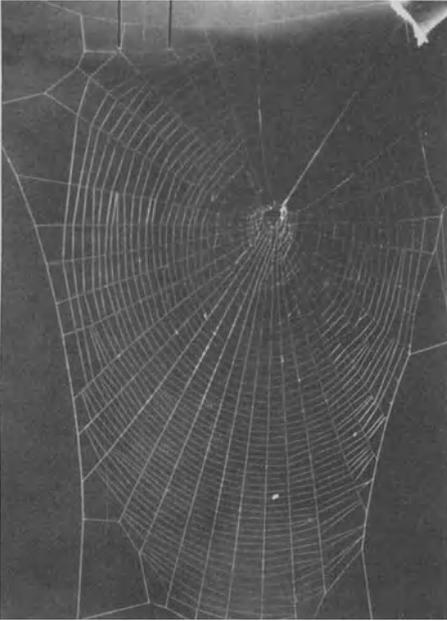


Abb. 32 a.

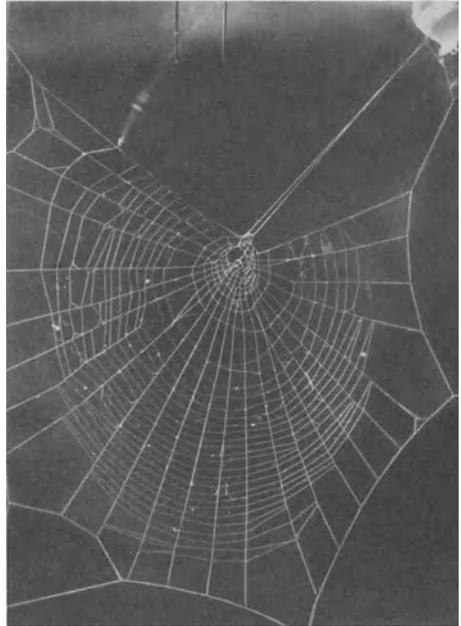


Abb. 32 b.

Abb. 32 a—c. a Normalnetz einer Spinne, verglichen b mit einem Netz derselben Spinne nach Mescalin 1:1000 und verglichen c mit einem Netz derselben Spinne nach Benzopyran 122

sind die Abstände der Umgänge der Klebspirale entlang einem Radius auf der Ordinate (0 = Netzzentrum) gegen die Nummer des Umganges auf der Abszisse (0 = äußerster Umgang) aufgetragen.

Abb. 36 vergleicht das Verhältnis des mit Spiralfäden besponnenen Teiles eines Radialfadens (schwarz) zum unbespannten Teil (weiß), wobei die Gesamtlänge des Radialfadens von der Nabe bis zum Rahmen gleich 100% gesetzt wurde (siehe auch Abb. 28). Die Linie *MW* repräsentiert den Mittelwert der ganzen Gruppe. Es zeigt sich im Gegensatz zum Ha-schischnetz, daß die Spirale außen dem Rahmen eng anliegt, aber innen nicht zu Ende geführt worden ist; die freie Zone ist vergrößert.



Abb. 32 c.

Diese oben als typisch bezeichnete Wirkung von Mescaline wurde nicht jedes Mal nach einer Applikation beobachtet, aber doch so häufig, daß der Mittelwert

der ganzen Gruppe als von der Norm verschieden mit dem T-Test gesichert werden konnte. Wir haben bei der Reaktion von netzbauenden Spinnen auf Mescalalin



Abb. 33. Typisches Mescalinetz

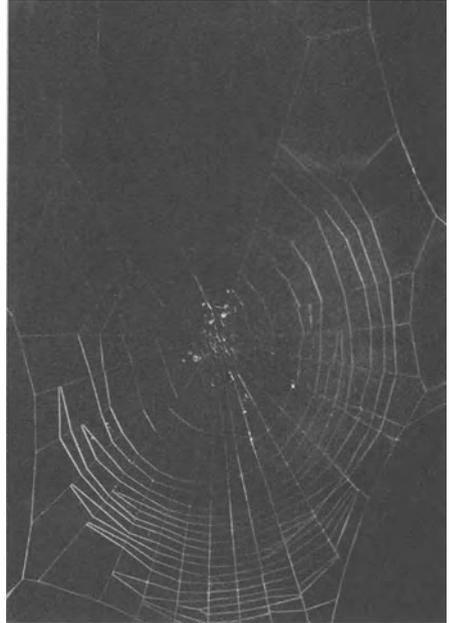


Abb. 34. Ein anderes typisches Mescalinetz

zumindest mit einer starken Streuung zu rechnen, also zur Sicherung der Wirkung mit großen Versuchsgruppen zu arbeiten. Vielleicht haben wir auch zu kurz vor

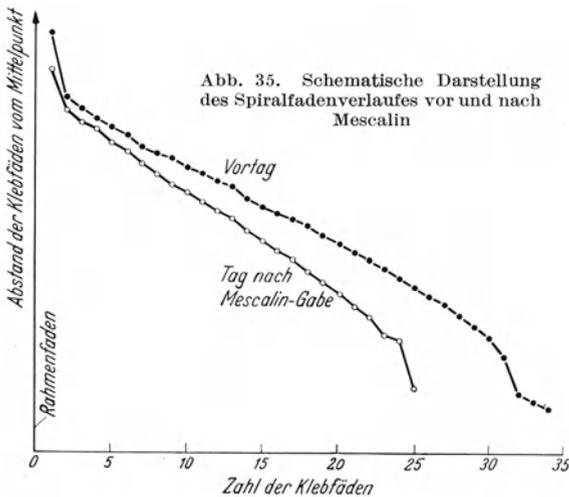


Abb. 35. Schematische Darstellung des Spiralfadenverlaufes vor und nach Mescalalin

der Netzbauzeit appliziert; durch die Versuche von BLOCK und Mitarbeitern (1952 a—c) ist ja inzwischen die sehr langsame Proteinbindung und damit wahrscheinlich das langsame Wirksamwerden des Mescalins gezeigt worden.

BLOCK und Mitarbeiter (1952 a—c) verglichen nämlich das Schicksal radioaktiven Mescalins im Körper mit dem Verlauf der Wirkung. Dabei fanden sie, daß der ersten, neurovegetativen Phase der Wirkung ein schnell ansteigender und im Verlaufe von 3 Std stark absinkender Aktivitätsgrad (= Mescalinkonzentration) in den verschiedenen Organen entsprach.

Viel langsamer wurde Mescalalin in Leberproteine eingebaut, und die Zeiten relativ hoher Mescalalin-Protein-Konzentration von der dritten bis zur achten Stunde nach Injektion entsprachen

dem Auftreten der charakteristischen halluzinatorischen Phase beim Menschen, der schläfrigen Phase bei der Maus. Die Autoren halten es deswegen für möglich, daß das langsam gebildete und wieder verschwindende körperfremde Eiweiß (Mescaline-Protein) die Halluzinationen hervorruft, nicht das Mescaline allein.

Ferner besteht der Verdacht, daß einzelne Spinnen nach mehrmaliger Applikation von Mescaline bleibende Veränderungen zeigten. Die Zahl der Beobachtungen ist nicht beweisend und muß noch erweitert werden.

Zur Deutung der veränderten Netze nach Mescaline können wir die Experimente von MAYER (1953) mit beschwerten Spinnen heranziehen. Durch Auflegen von Gewichten auf die Spinne wurde die Zahl der Spiralumgänge herabgesetzt. Der

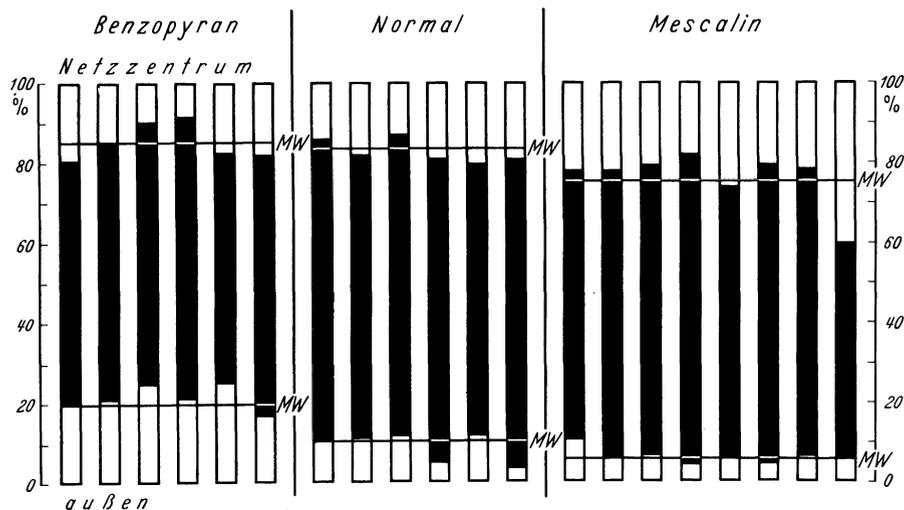


Abb. 36. Schematische Darstellung der besponnenen Netzfäche, vergleichend zwischen Mescaline, Benzopyran und normalen Netzen der gleichen Spinnen

Vergleich würde also bedeuten, daß die Spinne nach Mescaline so arbeitet, als ob sie schwerer wäre.

Mensch. Die Wirkung einer einmaligen Gabe Mescalinsalz, 200 bis 500 mg pro Person subcutan, äußert sich bei verschiedenen Menschen verschieden, aber es sind immer mehrere der folgenden Symptome vorhanden:

Passagere Leberfunktionsstörungen (FISCHER et al. 1951), vegetativ Überwiegen des Sympathicotonus (FISCHER et al. 1951, MATÉFI 1952), vermehrte Schweißsekretion, maximal erweiterte Pupillen (MAYER-GROSS et al. 1926), der Blutdruck zeigt nach FISCHER et al. (1951) eine Tendenz zum Ansteigen, nach SOLLMANN (1945) fällt er ab, was durch Vagotomie oder Atropin aufhebbar sein soll, die Augen glänzen, das Gesicht ist gerötet (FISCHER et al. 1951), Nausea und Erbrechen können auftreten (HOCH et al. 1952). Motorische Lähmungen sind beobachtet worden, die nach SOLLMANN auf Depression des Zentralnervensystems zurückzuführen sind, motorische Unsicherheit, schlechte Artikulation, Erschwerung koordinierter Bewegungen, Störung des Kauaktes bis zum Masseterkrampf und leichter Tremor (FISCHER et al.). Es treten beinahe immer Halluzinationen auf (BERINGER 1927, SOLLMANN 1945); von den Sinnen ist selten der Geschmack und Geruch beeinträchtigt, beobachtet wurden vereinzelte Veränderungen des

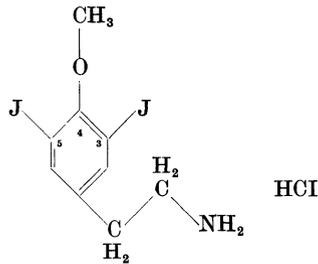
Gehörs, häufigere Störungen des „Allgemeinsinnes“ (JASPERS), am konstantesten Alterationen des Gesichtssinnes. Mitempfindungen, Synästhesien treten auf (BERINGER 1927). MAYER, GROSS u. STEIN (1926) maßen abwechselnd Verlängerung und gänzlich Fehlen der Nachbilder und beim Hautsinn verkürzte Ermüdungszeit, steigende Schwelle der Hautsensibilität, Erniedrigung der Schwelle für Unterschiede von Druckempfindungen.

Veränderungen des Körpergefühls werden häufig beschrieben (HOCH et al. 1952), eine charakteristische Veränderung der Bewußtseinslage (BERINGER 1927), herabgesetzte Konzentrationsfähigkeit (MATÉFI 1952), Zeitsinnstörungen und Veränderungen des Denkablaufes (BERINGER 1927).

Abnorme Gefühlszuständlichkeiten treten auf, wobei Euphorie, Heiterkeit bis zu Beschwingtheit abwechseln mit Trauer und einem Gefühl der Unechtheit (BERINGER 1927). STOCKINGS (s. HOCH 1952) weist noch besonders auf die schlafverhindernde Wirkung hin.

Wenn überhaupt ein Vergleich zwischen der Wirkung an der Spinne und dem Menschen möglich ist, so wäre er vielleicht am ehesten in der Beeinträchtigung der motorischen Funktionen durchzuführen.

3,5-Dijod-4-methoxy- β -phenäthylamin



Es wurden 6mal 10^{-2} (gleich 30 γ Substanz / Tier) und 10mal 10^{-3} (gleich 3 γ Substanz / Tier) gegeben. Die Netzbauhäufigkeit war mit 56% nicht meßbar vermindert, aber alle außer einem Netz waren

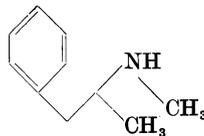
1. durchschnittlich um 23,9% kleiner.

Die Regelmäßigkeit war nicht meßbar verändert.

Ferner wurde die Substanz 5mal 10^{-3} kurz vor Mescaline 10^{-2} gegeben, da JATZKEWITZ (1955) den Verdacht ausgesprochen hatte, daß die Substanz Mescaline vom Receptor verdrängen und damit unwirksam machen könne. Danach wurden keine charakteristischen Mescalinetze mehr gebaut, aber die kleine Versuchszahl und die schwankenden Ergebnisse nach Mescaline allein lassen keine Sicherung der Ergebnisse zu. Es ist besonders schwierig, Spinnen zweimal hintereinander Substanzen zu applizieren.

Am Menschen sind keine Versuche beschrieben.

Pervitin



WITT (1949) gab etwa 30γ Pervitin per os abends oder nachts in 26 Versuchen. Es ergaben sich am ersten Tag danach keine Veränderungen im Verhältnis der Netzachsen zueinander (Länge/Breite), dagegen signifikante Veränderungen folgender Proportionen:

1. Zunahme der Netzbauhäufigkeit (80%) (dies läßt sich nur feststellen, wenn die Versuche in einer Jahreszeit gemacht werden, wo die Netzbauhäufigkeit gering ist, z. B. hier im Herbst).

2. Abnahme der Netzgröße.

3. Vermehrte Zahl übergroßer Sektoren pro Netz.

4. Verminderte Winkelregelmäßigkeit.

5. Verminderte Klebfadenregelmäßigkeit.

Ein typisches Pervitinnetz zeigt Abb. 37, eine graphische Darstellung der stark streuenden Klebfadenabstände in einem Netz Abb. 38.

Ferner wurden von WOLFF u. HEMPEL (1951) 82 Versuche mit Applikation per os und per injectionem gemacht, deren Ergebnisse sich nach Höhe der Dosis in 2 Gruppen aufteilen lassen. Die höhere Dosis, zwischen 18 und 33γ /Tier, die etwa der von mir verwendeten entspricht, ergab prinzipiell mit mir übereinstimmende Ergebnisse:

1. Netzbauhäufigkeit 79%, Zunahme nicht nachweisbar (siehe Bemerkung oben).

2. Verkleinerung der Fangfläche.

3. Vermehrte Zahl übergroßer Sektoren pro Netz.

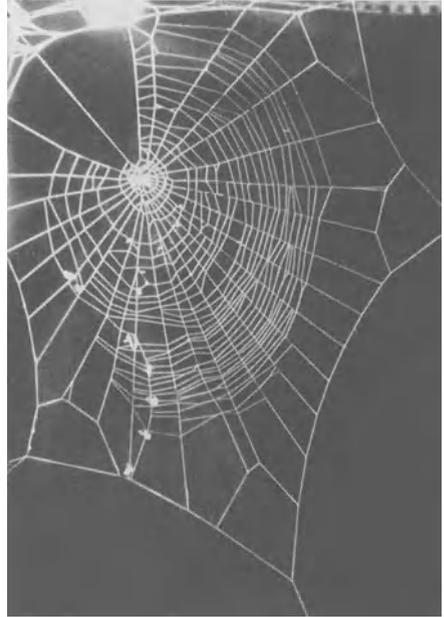


Abb. 37. Typisches Pervitinnetz

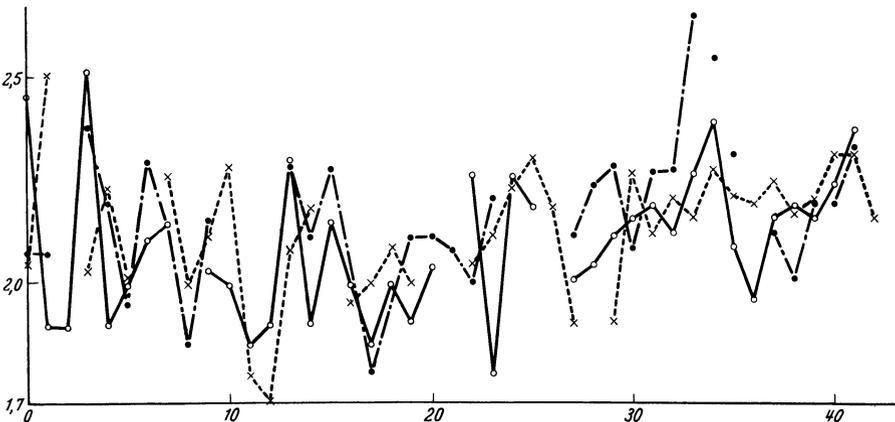


Abb. 38. Graphische Darstellung der Klebfadenabstände im Pervitinnetz

4. Verminderte Winkelregelmäßigkeit.

5. Verminderte Klebfadenregelmäßigkeit.

Die niedere Dosierung, unter 18 γ /Tier, ergab andere Veränderungen:

1. Netzbauhäufigkeit 80%, keine nachweisbare Zunahme.

2. Vergrößerung der Fangfläche.

3. Vermehrte Zahl übergroßer Sektoren pro Netz.

4. Wahrscheinlich vermehrte Radienzahl.

5. Verminderte Klebfadenregelmäßigkeit.

Wegen der Abbildungen und Schemata muß auf die Originalarbeit (WOLFF u. HEMPEL 1951) verwiesen werden. Eine statistische Durcharbeitung des reichen Materials ist leider nicht erfolgt. Die verschiedene Applikation, per os und per injectionem, ergab grundsätzlich die gleichen Ergebnisse.

WOLFF u. HEMPEL deuten die Wirkung niederer Dosen als zentrale Erregung, die das Auftreten von „Flüchtigkeitsfehlern“ (Restsektoren) aus Mangel an Präzision mit sich bringt. Die Zickzackkurve der Spirale nach höheren Dosen beruht offenbar nicht auf Desorientierung des Tieres, da der Fehler nicht systematisch, sondern immer wieder korrigiert, eher verzerrt erscheint. In der Arbeit über die Klebspirale kommt WITT (1952) zu einer gleichen Deutung, nämlich daß hier bei erhaltener Richtungskoordination starke Störungen beim Anheften des Fadens aufgetreten sind, oder, anders ausgedrückt, es handelt sich um ungestörte Orientierung beim Laufen mit gestörtem Fadenanheften.

Mensch. Das Pervitin in einmaliger Dosis von 3—20 mg Menschen appliziert wirkt als Sympathicomimeticum (GOODMAN, GILLMAN 1945), wobei es, verglichen mit Adrenalin, wegen seiner größeren Resistenz gegen die Aminoxydase auch per os wirksam ist und eine langanhaltende Wirkung besitzt (POULSSON 1949). Nach BONHOFF u. LEWRENZ (1954), die die vorhandene Literatur zusammenfassen, bewirkt die einmalige Gabe am Menschen:

Blutdrucksteigerung, Steigerung der Nierendurchblutung und damit erhöhte Diurese, Atmungsvertiefung, Dilatation der Bronchien mit Schleimhautabschwellung der oberen Luftwege, Erschlaffung der Magenmuskulatur mit Entleerungsverzögerung und Aufhebung des Hungergefühls, langdauernde Kontraktion der Milz, Entspannung der Harnwege und keine nennenswerten Stoffwechselveränderungen. Bei den Sinnen läßt sich eine Steigerung der Sehschärfe und eine Hörverschärfung nachweisen, wogegen Geruchs- und Geschmackssinn abgeschwächt werden.

Die zentralanaleptische Wirkung tritt vor Einsetzen der körperlichen Wirkungen auf und steht nicht nachweisbar mit bestimmten körperlichen Wirkungen in Zusammenhang. Es läßt sich eine Verschärfung der Aufmerksamkeitsspannung beobachten verbunden mit Enthemmung, verminderter Kritikfähigkeit, Antriebssteigerung und Verzögerung des Ermüdungs- und Schlafeintritts. ZUTT (1943) spricht von einer Überhelle des Bewußtseins. Subjektiv besteht ein Zeitverkürzungseffekt.

Nur wenige schwere Vergiftungen sind beschrieben, und es handelt sich dabei meist um kranke Personen und Mischwirkungen mit anderen Medikamenten. Dabei treten Koma und Kreislaufkollaps, Tremor und fibrilläre Zuckungen, Herzklopfen und Trockenheit im Munde mit Verwirrtheit und psychotischen Zuständen auf. BONHOFF u. LEWRENZ (1954) weisen besonders auf einen häufig beobachteten

passageren Zustand choreatischer Unruhe hin, der am ehesten Ähnlichkeit mit der Wirkung des Pervitin auf Spinnen hat.

Bei Säugetieren trat nach hohen Dosen Hyperkinese auf.

Vergleichend läßt sich sagen, daß wir die einzigen Parallelen zwischen der Wirkung des Pervitin auf Mensch und Spinne bei den hohen Dosen bis schweren Vergiftungen finden.

Scopolamin

Die Wirkung von Scopolamin auf den Netzbau der Spinne wurde ebenfalls von WOLFF u. HEMPEL (1951) in 60 Versuchen untersucht. Sie gaben 5—60 γ /Tier per os, teils kumulierend an mehreren Tagen hintereinander, wodurch die Netzbauhäufigkeit nicht meßbar beeinflußt wurde. Dagegen konnten sie folgende Veränderungen beobachten:

1. Verkleinerung der Fangfläche.
2. Verlängerte Netze.
3. Radienwinkel unregelmäßiger, bei hohen Dosen verzerrte Radien, da ungenügend angespannt.
4. Systematische Störungen im Verlauf der Klebspirale nach hohen Dosen, bis zum Auftreten mehrerer Zentren.
5. Größere Variation der Nabensymmetrie; die Fangfläche kann wie ein Tropfen der Nabe anhängen.

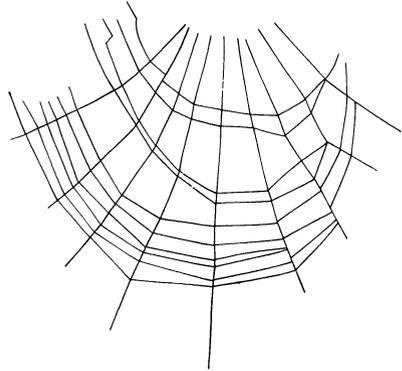


Abb. 39. Scopolamin, Netzteil (nach WOLFF, HEMPEL)

Auch hier müssen wir auf die zahlreichen Abbildungen in der Originalarbeit verweisen. Abb. 39 gibt ein Beispiel des typischen Verlaufes der Klebspirale nach Scopolamin.

Die Autoren deuten diese Veränderungen im Gegensatz zu Pervitin als gestörtes Orientierungsvermögen, das zuerst (nach niederen Dosen) im zentralen Teil des Netzes bemerkbar wird, wobei offen bleibt, wieweit der Ausfall motorischer Mechanismen und wieweit direkte sensorische Beeinflussungen daran Schuld sind. In der Arbeit über die Klebspirale kommt WITT (1952) zu folgender, ähnlicher Formulierung: Periodisch auftretende zentrale Störungen des Orientierungsmechanismus nach dem bequemsten Weg und dem kürzesten Weg bei intakter Motorik und Sensorik.

Mensch. HEIMANN (1952) gibt in 15 Versuchen subcutan je 1 mg Scopolamin pro Mensch und beobachtet 2 Phasen der Wirkung, eine erste mit Vorwiegen der vegetativen Symptome und eine zweite, bei der der inkohärente Gedankengang mit besonderen Bewußtseinsveränderungen im Vordergrund steht.

Eine oder mehrere der folgenden Veränderungen treten immer auf: 9—20 min nach der Injektion beginnt ein unbestimmter Kopfdruck, Leeregefühl und Trockenheit in Mund und Rachen, die zuerst mit Steigerung der Pulsfrequenz, später mit Bradykardie einhergehen. Starke und langanhaltende (bis 1 Tag) Pupillendilatation ist zu beobachten, erhebliche Herabsetzung der Speichelsekretion, quälender Durst, kloßige Sprache, langanhaltende Akkomodationsstörungen, Harnrang und Polyurie, Schlafbedürfnis, aber doch kein Schlaf, sondern eine innere Spannung und Unruhe mit Mißempfindungen wie Beklemmung, Druck, Dysphorie.

Die Muskulatur ist hypotonisch, was sich subjektiv als Schweregefühl äußert, die Bewegungen sind verlangsamt und zeigen regelmäßig Koordinationsstörungen.

Die Körperoberfläche ist hypersensibel, Gehörs wahrnehmungen sind verstärkt, Geruchsempfindungen intensiviert und Geschmacksempfindungen verändert. Störungen des Körperschemas sind selten, dagegen ändern sich häufig die wahrgenommenen Farbintensitäten und -qualitäten nach beiden Richtungen; Pareidolien, Illusionen und Halluzinationen, leibhaftige Bewußtheiten treten auf, und längere Zeitstrecken werden regelmäßig zu kurz, kurze zu lang geschätzt.

Psychisch ist die Herabsetzung des Antriebes, der spontanen Regsamkeit und der Willensspannung bemerkenswert, begleitet von qualvollem Betätigungsdrang. Die Stimmung ist im Anfang ängstlich gedrückt, später apathisch, teilweise mit Zwangslachen. Das Bewußtsein bleibt klar, die Auffassung kaum gestört, aber die Konzentrationsfähigkeit ist stark beeinträchtigt, das Denken inkohärent mit einer mangelnden Beharrungstendenz der intentionalen Gerichtetheit.

Die mangelnde Beharrungstendenz der intentionalen Gerichtetheit beim Menschen scheint genau das wiederzugeben, was wir bei der systematischen Veränderung der Klebspirale im Netz der Spinne beobachten. Wenn aber überhaupt eine solche Parallele besteht, so liegt sie sicher bei der Spinne auf einer sehr viel niederen seelischen Ebene als beim Menschen. Darauf wird weiter unten noch näher eingegangen werden.

Coffein

Die Spinnen erhielten von mir in zusammen 23 Versuchen per os bis zu 100 γ Coffein / Tier 8 Std vor dem Netzbau. Der Vergleich mit 256 Normalnetzen (WITT 1949) ergab keine meßbare Veränderung der Netzbauhäufigkeit und der Klebfadenregelmäßigkeit. Folgende Proportionen wurden verändert gefunden:

1. Mögliche Verkleinerung der Fangfläche, statistisch nicht gesichert.
2. Relative Vergrößerung der waagerechten Netzachse (Länge/Breite).
3. Vermehrte Zahl übergroßer Sektoren.
4. Vermehrte Zahl von Radian, die nicht von der Netzperipherie zur Nabe durchlaufen.

Nach hohen Dosen hielt die Veränderung der Netze 2 Tage lang an. Abb. 15 und Abb. 40 zeigen ausnahmsweise Netzveränderungen nach hohen Dosen Coffein, wobei die Spinnen außerordentlich langsam bauten, über die doppelte Zeit. Es handelt sich hierbei sicher um Ausnahmefälle extremer Natur, aber es ist erstaunlich, daß nicht nur überhaupt gebaut wurde, sondern auch die Grundstruktur der Netze (Nabe, Rahmen, Schlupfwinkel, Signalfaden) erkennbar erhalten geblieben ist.

Bei vorsichtiger Deutung können wir nur sagen, daß eine ganze Anzahl von Funktionen der netzbauenden Spinne gestört gewesen sein müssen, während elementare Koordinationen und der Netzbautrieb selbst erhalten sind. 2 Hinweise scheinen interessant im Zusammenhang mit den nichtdurchlaufenden Radian: Nach PETERS (1939a) werden die Radian nach dem ersten Bau durchgebissen und durch neue ersetzt. Sollte hier eine Fehlleistung der Spinne mit Durchbeißen in einer späteren Netzbauphase unter Coffein vorliegen? Es wäre auch eine Störung des Sekretionsmechanismus der für die Radian verantwortlichen Spinn-drüsen denkbar.

Mensch. Die zahlreich vorliegenden experimentellen Untersuchungen der Coffeinwirkung auf einzelne Organe und ganze Tiere lassen sich nicht ohne Weiteres auf den Menschen übertragen, da beim Menschen im Gegensatz zum Tier die zentralen Erscheinungen weit vor den peripheren auftreten (BOCK 1923), und beim Menschen eine Dosis, die die am Tier gefundene Organwirkung zeigt, bereits zentral schwere toxische Erscheinungen hervorruft. Auch die zahlreichen mit Kaffee oder Tee angestellten Versuche führen uns nicht weiter, da die Wirkung der Getränke nicht gleich der reinen Coffeins ist (EICHLER 1938).

Als Wirkung auf den Stoffwechsel wurde einzig ein vermehrter Sauerstoffverbrauch wahrscheinlich gemacht, aber auch dieser ist von der Zufuhrgeschwindigkeit und Dosis abhängig (EICHLER 1938). Nach 0,2 g Coffein subcutan steigt der Blutdruck bei vielen Menschen vorübergehend an (MAIER, FINE-SINGER, siehe bei EICHLER 1938, BÖGER et al. 1938). Eine Pulsbeschleunigung konnte dagegen nicht nachgewiesen werden. Am Darm verursachen hohe Dosen eine Zunahme der Frequenz der Peristaltik und erhöhten Tonus, an den Nieren wirken 0,6 mg/kg diuretisch, die Atemfrequenz nimmt zu. Die Coronargefäße und Hirngefäße werden zumindest vorübergehend erweitert (FINESINGER, bei EICHLER 1938), die Herzleistung wird günstig beeinflusst, besonders die des geschädigten Herzens; dies geht allerdings aus Tierversuchen hervor und konnte am Menschen nie eindeutig bestätigt werden.

An den Sinnesorganen konnte nach 0,3 g eine Erleichterung des Farbsehens und eine Verbesserung der Sehempfindlichkeit in der Peripherie nachgewiesen werden (EICHLER 1938), nach 0,35 g waren die Reaktionszeiten für Tastempfindungen verkürzt (BOCK 1923). Die Reflexerregbarkeit wird erhöht, die bedingten Reflexe beschleunigt und die Leistung am Ergographen gesteigert (EICHLER 1938). Bei Dosen über 1 g treten Unruhe, Zittern, Kopfschmerzen, Gedankenflucht, leichte Verwirrung und mäßige Delirien auf. Die Stimmungslage wird nicht einheitlich beeinflusst.

In leistungpsychologischen Tests konnten ALLERS u. FREUND (1925) eine Erleichterung des Erlernens nachweisen, außerdem eine Zunahme der anschaulichen Elemente im Assoziationsversuch, eine Zunahme der Reichhaltigkeit deutlichen Erlebens, woraus sie schlossen, daß unbemerkte seelische Elemente unter Coffein an Prägnanz gewinnen und sinnvolle Verknüpfungen zunehmen. Kombinatorische Leistungen scheinen in erster Linie gefördert zu werden. Die stimulierende

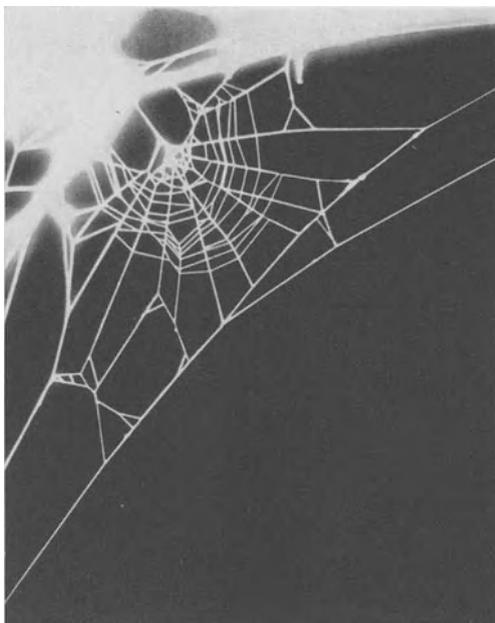


Abb. 40. Typisches Coffeinnetz

Wirkung am Zentralnervensystem äußert sich außerdem in einer ermüdungs-
bekämpfenden, belebenden Wirkung, Erleichterung der Gedanken und Begün-
stigung der Anschauungen (EICHLER 1938), während nach hohen Dosen mehr
Rechenfehler auftreten.

Ein unmittelbare Parallele zu der Wirkung an der Spinne scheint sich nicht
zu ergeben, was nicht verwunderlich ist wenn man bedenkt, daß, wie oben gesagt,
schon am Warmblüter ganz andere Seiten der Coffeinwirkung im Vordergrund
stehen als beim Menschen.

Strychnin

Strychnin und Strychninderivate (Strychnin-N-Oxyd basisch und Movellan
sauer), die offenbar qualitativ wie Strychnin wirken, sich nur in Geschmack und
Wirkungsdauer von ihm unterscheiden, wurden von WOLFF u. HEMPEL (1951) in
91 Versuchen in einer Dosis von 10—82 γ /Tier per os gegeben. Höhere Dosen
(über 30 γ Strychnin-N-Oxyd und über 40 γ Movellan) bewirkten:

1. Deutliche Verminderung des Bautriebes (Netzbauhäufigkeit).
2. Verkleinerung der Fangfläche.
3. Mehr „Kreisnetze“ (siehe oben) mit entsprechenden Rahmen und wenig
sekundären Rahmenfäden.
4. Geringe Vermehrung übergroßer Sektoren, nicht gesichert.
5. Nicht gesicherte größere Regelmäßigkeit in den Abständen und Vermin-
derung der Umkehrstellen der Klebspirale.

Die Bilder der „Kreisnetze“, die, wie wir oben bereits erwähnt haben, durch
Einordnung in Netztypen gefunden wurden, müssen in der Originalarbeit ein-
gesehen werden.

Die mögliche Deutung der Veränderungen durch WOLFF u. HEMPEL lautet:
Vermehrung der nervösen Kontrollen durch Reflexvermehrung (Schwellen-
senkung) beim Netzbau, was zu größerer Exaktheit der Netze führt; Hinweis
auf das Vorhandensein eines „spezialisierten sensorischen Apparates“ als Angriffs-
punkt für Strychnin.

Mensch. Ebenso wie bei den anderen bisher diskutierten Mitteln schwanken
beim Strychnin die am Menschen wirksamen Dosen sehr stark von Individuum
zu Individuum. Nach 1—3 mg per os beschreibt POULSSON (1923) am Menschen
vermehrte Speichelsekretion (lokale Wirkung des bitteren Stoffes), verstärktes
Hungergefühl und wahrscheinlich eine direkte Wirkung auf das Sauerstoffbin-
dungsvermögen der Erythrocyten.

Als Wirkung auf das vegetative System sind im Tierversuch ausgedehnte
Gefäßkontraktionen nachgewiesen worden, die zentralen Ursprungs sind, aber am
Menschen ließen sich weder eine Veränderung von Blutdruck noch von Puls ein-
deutig und regelmäßig feststellen (ZETTEL 1949, BÖGER und Mitarbeiter 1938),
aber vermehrtes Blutangebot am Herzen wahrscheinlich machen. Nach hohen
Dosen erfolgen Kontraktionen der glatten Muskulatur, vertiefte Atmung und
sowohl Steigerung als auch Senkung der Körpertemperatur (POULSSON 1923).

Am deutlichsten konnte eine erhöhte Empfindlichkeit gegen Sinnesreize
messend nachgewiesen werden, wobei sowohl der Tastsinn verfeinert, der Geruchs-
sinn verstärkt, eine deutliche Verschärfung der Auffassung von süß, sauer, bitter
als auch ganz besonders am Auge eine erhöhte Lichtempfindlichkeit, Erweiterung

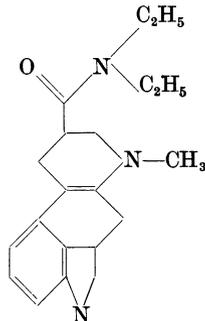
des Gesichtsfeldes und besonders schärferes Sehen in der Peripherie gemessen wurden (POULSSON 1923).

Der Angriffsort des Strychnin ist zwar das Zentralnervensystem, aber von diesem wird das Rückenmark zuerst beeinflußt. Extrem gesteigerte Reflexerregbarkeit mit Beschleunigung der galvanischen Hautreflexe, besonders wenn diese krankhaft gestört sind (ESSEN und Mitarbeiter 1940) und Vermehrung der Arbeit am Ergographen wurden gemessen. Das Bewußtsein bleibt dagegen klar, und Halluzinationen konnten nie beobachtet werden.

Nach 30—40 mg tritt, individuell verschieden, meist eine schwere Vergiftung auf, die durch Unruhe und Schreckhaftigkeit, schmerzhafte Zuckungen, Kontraktionen von Nacken- und Kaumuskeln, zunehmende Steifigkeit, erschwerte Atmung und krampfhaftes Zusammenfahren bei Reizen bis zu plötzlichen tetanischen Anfällen charakterisiert ist.

Die Schwellensenkung der nervösen Kontrollreflexe beim Netzbau, wie sie von WOLFF u. HEMPEL angenommen wurde und die gesteigerte Reflexerregbarkeit scheinen hier durchaus eine Parallele in der Reaktion beider Lebewesen auf Strychnin zu zeigen. Es zeigt auch, welche Art von Funktionen man eigentlich im Netzbau prüft.

d-Lysergsäurediäthylamid LSD 25



Die Veränderungen des Netzbau nach dieser Substanz (WITT 1951) lassen sich je nach Dosis in 2 Gruppen einteilen; die höhere Dosis von 0,1—0,3 γ /Tier bewirkte in 13 Versuchen folgende Netzveränderungen:

1. Schwach gesicherte Verkleinerung der Fangflächen.
 2. Netzverlängerung in 88,7% der Versuche.
 3. Schwach gesicherte Verminderung der Winkelregelmäßigkeit.
- Andere Veränderungen konnten nicht nachgewiesen werden.

Die niedere Dosis von 0,03—0,05 γ /Tier zeigte dagegen charakteristische Veränderungen:

1. Hemmung des Netzbautriebes (Netzbauhäufigkeit) in 74,1%.
2. Nicht gesicherte Vergrößerung der Fangfläche.
3. Verminderung der Zahl übergroßer Sektoren.
4. Stark gesicherte Zunahme der Winkelregelmäßigkeit.
5. Stark gesicherte Zunahme der Klebfadenregelmäßigkeit.

Ein LSD 25 Netz zeigt Abb. 41.

Die erste Deutung (WITT 1951) hieß: Zunahme des Assoziationstempos durch vermutlich bessere Verwertung sensibler Kontrollreize, meßbar als qualitative

Steigerung einer spontanen Leistung (Erhöhung der Netzregelmäßigkeit). In einer späteren Arbeit (WITT 1952) versuchte ich die Deutung der Veränderungen an der Klebspirale folgendermaßen: Zurücktreteten der „störenden“ Steuerkomponenten, wodurch die Spinne durch von außen herantretende Einflüsse weniger von ihrem Weg abgebracht wird und sich deshalb z. B. beim Bau der Spirale überwiegend nach dem kürzesten Weg orientiert; intakte Motorik.

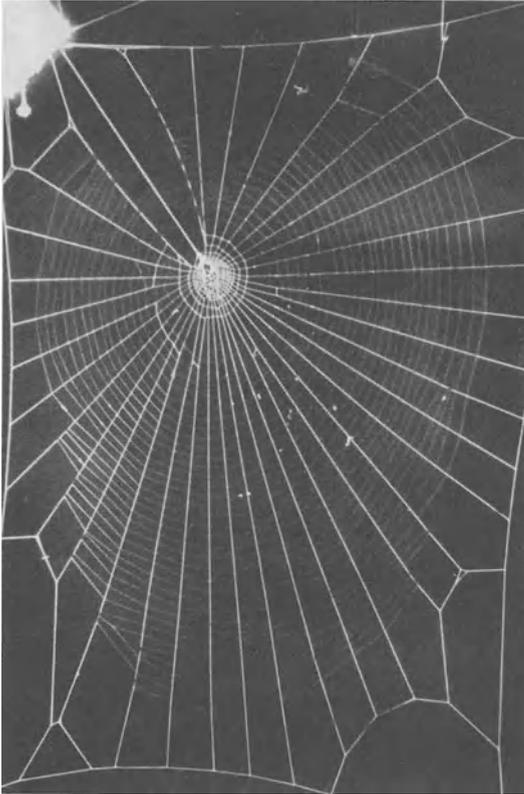


Abb. 41. Netz nach d-Lysergsäure-diäthylamid, ca. 0,04 γ

Mensch. Zahlreiche Beobachtungen wurden nach einmaliger Gabe von LSD 25 an gesunden Menschen gemacht:

STOLL (1947) z. B. machte 14 Versuche mit je 30 γ /Person per os, SAVAGE (1952) gab 5 Menschen je 20 γ /Person per os, BUSCH u. JOHNSON (1950) 30 bis 40 γ per os an Psychopathen und GASTAUT und Mitarbeiter (1952) 12 gesunden Menschen je 40—60 γ per os. Der Beginn der Wirkung trat in allen Fällen nach $\frac{1}{2}$ —1 $\frac{1}{2}$ Std auf, die Dauer betrug 4—8 Std. Die im Folgenden geschilderten Symptome traten nicht immer alle bei jeder Person auf, wurden aber häufig beobachtet:

Blutbild, Urin, Blutzucker und Körpertemperatur zeigten keine Veränderungen (BUSCH und Mitarbeiter 1950).

Vegetativ wirkte LSD 25 als Sympathicomimeticum, wobei Pulsfrequenz und Blutdruck zuerst anstiegen, dann meist abfielen (SAVAGE 1952, BUSCH und

Mitarbeiter 1950), Mydriasis und träge Lichtreaktion der Pupillen mit subjektiv verschwommenem Sehen auftraten (STOLL 1947), dazu Brechreiz, Nausea, Schweißausbrüche, Krankheitsgefühl und Schwindel, hingegen keine systematischen Veränderungen der Atmung.

Motorisch zeigte sich ein feiner Tremor, besonders der Finger, der bei Intention zunahm, psychomotorische Störungen, Gehschwierigkeiten, Größerwerden der Handschrift und deutliche Erhöhung der Patellarreflexe (STOLL, SAVAGE); aber keine Sprachstörungen (BUSCH und Mitarbeiter).

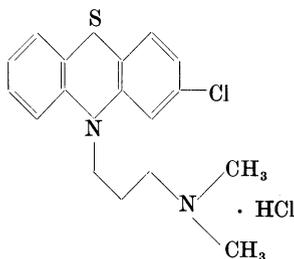
Sensorisch wurde eine erhöhte Empfindlichkeit für Wahrnehmungen beobachtet, Illusionen und Halluzinationen, meist optischer Natur, Hyperakusis, Geschmacks- und Tastsinnstörungen, Veränderungen des Körpergefühls und der Tiefensensibilität (STOLL, SAVAGE). Die Stimmung wird als zuerst immer eupho-

risch, aber in vielen Fällen später in Depression, Angst, Mißtrauen und Hypochondrie umschlagend geschildert (STOLL, SAVAGE, BUSCH und Mitarbeiter, GASTAUT und Mitarbeiter), SAVAGE spricht von einer Dissoziation zwischen Affekt und Erfahrung.

Die Versuchspersonen sind ideenflüchtig und zeigen Konzentrationschwierigkeiten, ein Gefühl erhöhter Energie ohne die Möglichkeit, die ehrgeizig gefaßten Pläne auszuführen. Eine innere Erregung macht sich in vermehrtem Bewegungsdrang Luft, vermehrtes Interesse, eine erhöhte Reizbarkeit und Redseligkeit bis zur Verwirrung wird geschildert. Der Gedankengang ist gelockert und beschleunigt mit Auftreten von Perseverationen, und GASTAUT und Mitarbeiter konnten im Test eine Verminderung der Aufmerksamkeit, des Abstraktions- und Assoziationsvermögens objektivieren.

STOLL (1947) zweifelt an der psychopathologischen Besonderheit des LSD-Rausches im Vergleich mit Mescaline, Haschisch und Cocain; er schreibt ihm keine Spezifität zu. Dies ist interessant im Vergleich mit den verschiedenen Befunden nach diesen Substanzen am Spinnennetz. Allerdings liegt die Spezifität bei den Spinnen mehr auf motorisch-sensorisch-assoziativem Gebiet als auf psychopathologischem.

Largactil



19 und 10 Std vor der Netzbauzeit (ohne erkennbaren Unterschied) wurden in 51 Versuchen 4 verschiedene Dosen (1 γ , 10 γ , 25 γ , 100 γ /Tier) Largactil per os an Spinnen verfüttert (WITT, HEIMANN 1954). Es zeigte sich:

1. eine der Höhe der Dosis proportionale Verminderung des Netzbauens (Unterbrechung für 1 bis mehrere Tage) und sonst mit einer Ausnahme keine meßbaren Veränderungen der Proportionen.

Nur ein Tier baute nach der höchsten Dosis (100 γ) schon am übernächsten Morgen, wobei das Netz ein abnormes Aussehen zeigte (HEIMANN, WITT 1955), eine Veränderung, die derjenigen nach hohen Dosen Coffein am ähnlichsten sieht. Abb. 42 stellt die Verminderung der Netzbauhäufigkeit (Ordinate) in Beziehung zur Dosis graphisch dar. Die Unterschiede der Extremwerte für verschiedene Dosen am gleichen Tage (z. B. 1 γ gegen 100 γ /Tier am 2. Tag) konnten mit dem χ^2 Test schwach gesichert werden ($\chi^2 = 5,56$ bei $P 0,01 = 6,6$).

Wenn wir die Wirkung des Largactil auf Spinnen mit der Wirkung anderer Substanzen vergleichen, so scheint es am ehesten an der Wurzel des Netzbauetriebes, dem Ingangsetzen der Reaktionskette „Netzbau“ anzugreifen. Dagegen scheint (mit einer Ausnahme) kein Eingriff des Mittels in die Vollendung des Netzes zu erfolgen, wenn der Bau erst einmal begonnen hat.

Mensch. Largactil entfaltet in einer Dosis von 37 mg pro Person subcutan appliziert am Menschen gerade eine deutliche Wirkung (HEIMANN, WITT 1955). Wir unterscheiden nach einmaliger Gabe am Gesunden eine erste Phase der Wirkung mit leichter Benommenheit, verbunden mit starken vegetativen Erscheinungen von etwa 1¼ Std Dauer und eine zweite Phase von annähernd 24 Std mit vorwiegend psychischer Wirkung.

Die erste Phase, die nach SIGWALD u. FLAMANT (1953) eine Blockierung des vegetativen Nervensystems auf jeder Stufe darstellt, geht einher mit Kongestion des Gesichtes, Schleimhautschwellung von Mund und Nase, Trockenheitsgefühl in Mund und Rachen (CELICE und Mitarbeiter 1953), manchmal geringer Tachykardie und Akkomodations- und Konvergenzschwäche (ERNST 1954), häufiger Atembeschwerden. Eine geringe schmerzstillende, antiemetische, sedative und krampfdämpfende Wirkung ließ sich nachweisen (CELICE und Mitarbeiter 1953). Von seiten des Kreislaufs besteht die Gefahr eines orthostatischen Kollaps.

In der zweiten Phase der Wirkung stehen Müdigkeit und Schläfrigkeit zusammen mit einer in der Folge mehr und mehr hervortretenden Apathie im Vordergrund der Erscheinungen (HEIMANN, WITT). KIELHOLZ (1954) spricht von einer Senkung des psychischen Energieniveaus.

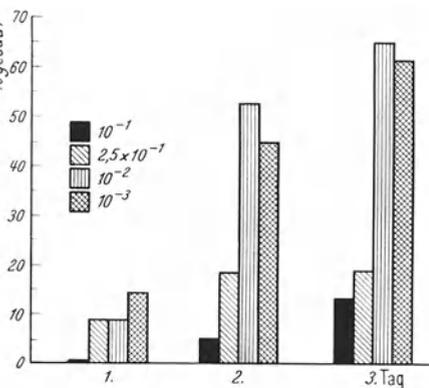


Abb. 42. Schematische Darstellung der Bauhäufigkeit nach Largactil. Jede Säule stellt den Mittelwert aus allen mit der gleichen Dosis behandelten Spinnen dar

Der normale Schlaf wird gefördert, der Mensch ist aber jederzeit weckbar, das Bewußtsein bleibt klar, und Konzentrationsstörungen lassen sich nicht nachweisen (ERNST).

WITT u. HEIMANN (1954) erhielten interessante Ergebnisse mit dem Durchstreichtest ohne Modell nach MELLI (1951).

Hierbei wird der Versuchsperson (Vp.) vom Versuchsleiter (Vl.) ein Bogen Papier vorgelegt, auf dem mit Schreibmaschine 17 Zeilen zu je 31 Klammern geschrieben sind; die Klammern sind oben oder unten oder oben und unten mit Kreuzchen versehen und nach rechts oder links geöffnet. Die Vp. soll Zeile für Zeile so schnell wie möglich alle die Klammern durchstreichen, die nach rechts offen sind und oben oder unten ein Kreuzchen tragen. Die erste Zeile (0) dient zur Probe, die Zeit für die Bearbeitung der folgenden Zeilen 1—13 wird zeilenweise mit der Stoppuhr gemessen. In den darauffolgenden 60 sec Pause wird die Vp. gebeten, ihre Meinung über die vollbrachte Leistung zu äußern. Dann werden die letzten 3 Zeilen wie oben durchgearbeitet.

Der Test wird von jeder Vp. mehrere Male wiederholt, und der Vl. kann z. B. folgende Kriterien dabei messen:

1. Gesamtzeit pro Test,
2. Gesamtfehlerzahl,
3. Differenz der Zeiten für die 1. und 6. Zeile (= Nachlassen der Aufmerksamkeitsspannung),
4. die für die 1. plus 2. Zeile benötigte Zeit (= maximale Einübung vor Nachlassen der Aufmerksamkeitsspannung),
5. Differenz der Zeiten für die 13. Zeile — vor der Pause — und die 14. Zeile — danach, (frischer Impuls).

5 Kontrollpersonen (Kp.) führten den Test je 5mal im Abstand von ½ Std durch; 9 Personen wurden nach Beendigung des ersten Tests mit Largactil 37,5 mg i.m. behandelt und erhielten dann die 4 weiteren Tests unter der Largactilwirkung (LP).

Es ergibt sich, daß die Kp. ihre Leistungen im Durchstreichtest bei Wiederholung verbessern, während die LP dies nicht tun. Zwar verkürzt sich bei LP auch das anfängliche Arbeitstempo von Mal zu Mal (1. plus 2. Zeile), aber ihre Aufmerksamkeitsspannung läßt sich schneller nach (1. minus 6. Zeile), so daß die Gesamtzeit unverkürzt bleibt.

Damit ist klargelegt, daß Largactil nicht die Fähigkeit, den Test einzüben, sondern diejenige, den Test durchzuführen, beeinträchtigt. Nimmt man mit MELLI an, daß die Aufrechterhaltung des Leistungsniveaus von dauernden neuen Impulsen abhängig ist, so ist das Nachlassen dieser Impulse für die Largactilwirkung charakteristisch.

ERNST konnte eine geringe Beeinträchtigung der formal intellektuellen Funktionen, eine ausgesprochene Dämpfung der Affektivität, freudlose bis unbehagliche Stimmung und Dämpfung des Antriebslebens beobachten.

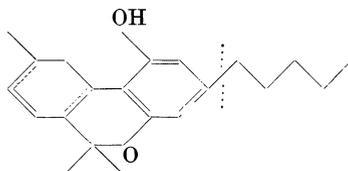
In einzelnen Fällen beobachtet man choreiforme Bewegungen, sehr häufig Sprachstörungen. Der Rechentest wurde verlangsamt gefunden (ERNST).

Nach hohen Dosen treten Tremor und das Bild des Parkinsonismus auf.

Der Vergleich der Largactilwirkung auf Mensch und Spinne läßt bei oberflächlicher Betrachtung die Störungen recht verschieden erscheinen. Auf der einen Seite zeigt der Mensch die Verlangsamung, aber immerhin Ausführung des leistungspsychologischen Tests, während bei der Spinne der Netzbetrieb völlig unterdrückt wird. Dieser Gegensatz scheint mir aber mehr für einen Unterschied der verschiedenen Prüfmethode als für verschiedene Wirkungen charakteristisch. Er stellt die an anderem Ort erörterte Spontanleistung des Netzbauers deutlich in Gegensatz zur geforderten Höchstleistung des Durchstreichtests, bei dem etwas Ähnliches wie beim Netzbau, nämlich die *spontane* Aufrechterhaltung des Leistungsniveaus, gestört ist.

Benzopyran 122

Grundstruktur:



Es handelt sich um ein reines Syntheticum der Marihuana-Gruppe von charakteristischer Wirksamkeit im Hunde-Ataxie-Test (LOEWE 1944), die Wirkung kann also wahrscheinlich der des Haschisch gleichgesetzt werden. (Siehe auch weiter unten). Die Substanz ist so schlecht wasserlöslich, daß ihre Dosierung in der homogenen, 10%igen wässrigen Lösung, die den Spinnen verabfolgt wurde, nicht genau angegeben werden kann. Sie wurde 13mal 7 bzw. 12,5 Std vor dem Netzbau gegeben. Die Veränderungen in den Netzen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Verkleinerung der Fangfläche, stark gesichert.
2. Verminderung der Winkelregelmäßigkeit, schwach gesichert.
3. Stark gesicherte relative Verbreiterung des freien Raumes zwischen Rahmen und äußerstem Klebfadenumgang.

Abb. 43 zeigt solch ein typisches „Haschischnetz“ und Abb. 36 zeigt im Vergleich mit Mescaline und der Norm schematisch die Auswertung der Veränderung der Klebspirale.

Die Deutung habe ich folgendermaßen versucht (WIRT 1952): die Spirale ist zwar falsch begonnen — zu weit innen — aber sie ist dann ohne erkennbare Störungen weitergebaut worden. Es handelt sich scheinbar um die Störung einer einzigen Funktion (oder Stimmung) beim Beginn des Baues der Klebspirale. KÖNIG (1951) verlegt gerade an diese Stelle des Netzbaues die Umstellung der Spinne vom nichtklebenden Faden der Hilfsspirale zum Klebfaden der Fangspirale, wozu das Tier nach seinen Beobachtungen eine Pause macht. Hier könnte

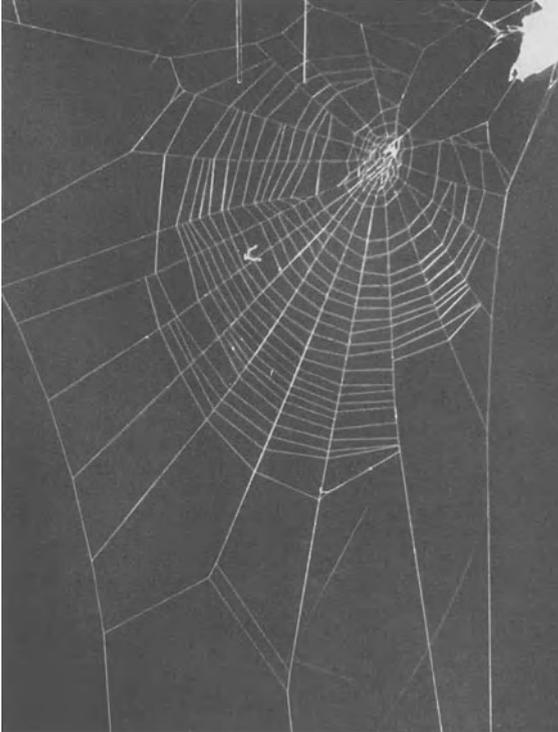


Abb. 43. Typisches Haschischnetz

also die Störung nach Haschisch einsetzen, während sie vorher und nachher beim Netzbau keine Rolle spielt.

Mensch. Die ausführlichsten Untersuchungen der haschischwirksamen Substanzen (Droge, Extrakt und Reinstoffen) am Menschen stammen vom Mayors Committee on Marihuana, New York (1944), deren Ergebnisse zusammengefaßt nach ADAMS (1941) nach einmaliger Gabe per os (einer mittleren Dosis), per injectionem oder per inhalationem (Rauchen) folgendermaßen aussehen:

1. Körperliche Wirkungen, von denen jeweils eine oder mehrere an den 77 untersuchten Personen beobachtet wurden:

a) erhöhte Pulsfrequenz, wobei die Zunahme der Stärke der Wirkung direkt proportional war;

b) Erhöhung des Blutdrucks, von Mensch zu Mensch schwankend und im allgemeinen parallel zur Pulsfrequenz steigend;

c) Injektion der Konjunktivalgefäße, je nach Dosis schwächer oder stärker;

d) Erweiterung der Pupillen mit verlangsamter Lichtreaktion und Akkommodation; Sehtüchtigkeit für Nähe, Ferne und Farben leicht beeinträchtigt;

e) Zittern in der Umgebung des Mundes, der ausgestreckten Zunge und der Extremitäten;

f) trockene Schleimhäute in Mund und Rachen;

g) erhöhte Frequenz bei verminderter Tiefe der Atembewegungen der Brust;

h) Ataxie;

i) erhöhte Reflexerregbarkeit.

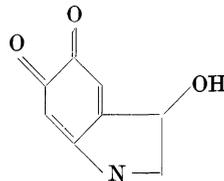
2. Psychische Wirkungen bei den gleichen Personen:

a) Vorahnung und Angst, b) Euphorie, c) Gesprächigkeit, d) Herabsetzung der Hemmungen, e) Hunger und Durst, f) „Hochgefühl“, g) unkontrollierte Ausbrüche von Lachen und Kichern, h) Schläfrigkeit, Schwäche, Mattigkeit und ein angenehmes Müdigkeitsgefühl.

Subjektiv werden Halluzinationen und Illusionen beschrieben. Keine Veränderungen des Grundumsatzes, der chemischen Zusammensetzung des Blutes, des Blutbildes, der Leber- und Nierenfunktion oder der elektrischen Leitfähigkeit des Herzens. Geringe Verminderung der Magen- und Darmbewegungen (mit Carlson-Apparat gemessen und bei der Röntgen-Durchleuchtung festgestellt); im Elektrencephalogramm ist das Auftreten der α -Wellen eindeutig vermehrt, was erhöhte Entspannung anzeigt.

Zwischen der Wirkung auf Mensch und Spinne scheint keine Parallele erkenntlich.

Adrenochrom



10—40 γ Adrenochrom pro Tier in ganz frisch zubereiteter Zuckerlösung bewirkten in 16 Versuchen den Tod von 13 Spinnen (WITT 1954). 4 γ Adrenochrom/Tier 6,5 Std vor der Netzbauzeit an 23 Spinnen verfüttert zeigten keine meßbare Beeinflussung der Netzbauhäufigkeit, aber folgende Veränderungen:

1. Stark gesicherte Verkleinerung der Fangflächen,
2. Schwach gesicherte Verminderung der Winkelregelmäßigkeit,
3. Stark gesicherte erhöhte Streuung der Nabensymmetrie.

Die Veränderung 3. war am folgenden Tage wieder stark gesichert zurückgegangen, während 1. und 2. stark gesichert im gleichen Sinne verändert blieben. Zum Unterschied von Scopolamin, das sonst gleich wirkte, konnten nach Adrenochrom keine Veränderungen der Klebspirale nachgewiesen werden.

Abb. 44 zeigt eine typische Adrenochrom-Versuchsreihe.

Eine Deutung der Veränderungen der Netze unter Adrenochrom können wir noch nicht geben.

Adrenochromlösung wird schnell beim Stehen an der Luft durch oxydative Prozesse verändert. Verschiedene Versuchsergebnisse mit alten Adrenochromlösungen, wie sie in verschiedenen Laboratorien erhalten wurden, lassen sich nach BACQ (1949) auf die in verschiedenen Mengenverhältnissen auftretenden unterschiedlich wirksamen Oxydationsprodukte zurückführen. Bei Spinnen wurden zum Vergleich mit der frischen Adrenochromlösung Versuche mit einer Lösung durchgeführt, die 24 Std an der Luft gestanden hatte und deren bordeauxrote Farbe sich in trübes Braunrot verwandelt hatte. Die Ergebnisse aus 35 Versuchen sind:

Keine tödliche Wirkung von 10—40 γ . Nach 4 γ keine meßbare Beeinflussung der Netzbauhäufigkeit, dagegen 6—8 Std nach der Applikation:

1. Stark gesichert verkleinerte Fangflächen,
2. stark gesicherte Abnahme der Winkelregelmäßigkeit,
3. stark gesicherte Zunahme der Streuung der Nabensymmetrie.

All diese Veränderungen (mit Ausnahme der Verkleinerung der Fangfläche), treten nicht auf, wenn die Lösung 11—13 Std vor der Netzbauzeit appliziert wird (WITT 1954).

Die sehr eigentümlichen Netzveränderungen nach Adrenochrom werden durch die angegebenen Maßzahlen nicht voll erfaßt. Deshalb sind in Abb. 31 und Abb. 45 noch Bilder charakteristischer Adrenochromveränderungen gezeigt.

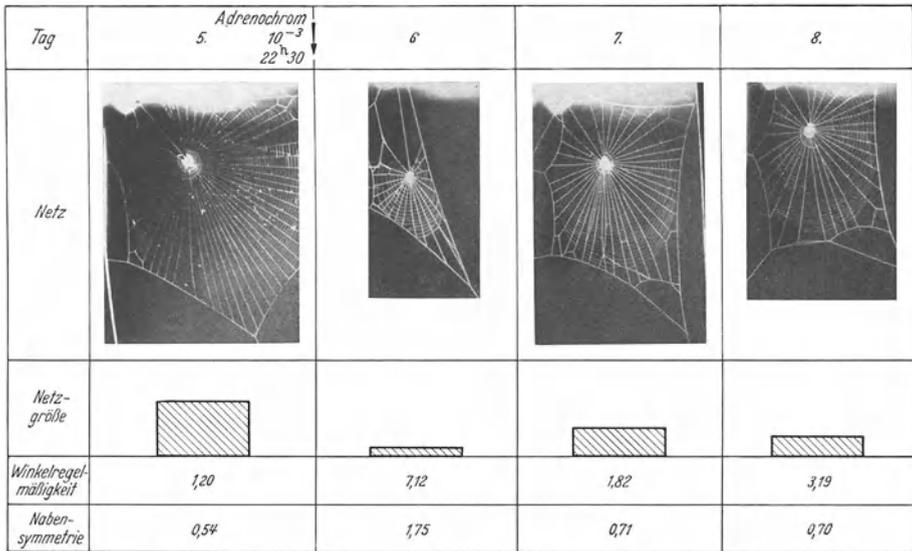


Abb. 44. Typische Veränderung in Netzen nach Adrenochrom 10^{-3} . Netze der gleichen Spinne an 4 aufeinanderfolgenden Tagen

Die Beschreibung der Veränderungen lautet folgendermaßen:

Sehr kleine Netze, die weit vom Schlupfwinkel — durch einen relativ langen Signalfaden mit ihm verbunden — gebaut sind. Der obere Rand der Netze (Rahmenseite und Spirallumgang) liegt im Verhältnis zum Schlupfwinkel tief unten. Das Netz hat wenig Radien (statistisch stark gesichert weniger als normal nach Adrenochrom), und die Klebspirale befindet sich fast ausschließlich an der dem Schlupfwinkel abgewandten Seite der Nabe. Nach einigen Stunden ist die Wirkung abgeklungen.

Mensch. Adrenochromversuche am Menschen sind meines Wissens bisher nur von HOFFER, OSMOND u. SMYTHIES (1954) gemacht worden. Die Autoren fassen auch die Literatur über ältere Adrenochromversuche an Tieren und Gewebspräparaten zusammen, während BACQ (1949) in seinem Übersichtsartikel über den Adrenalinstoffwechsel Adrenochrom nur als Substanz mit wichtigen biochemischen und physiologischen Eigenschaften erwähnt, die noch erforscht werden müssen.

Adrenochrom ist ein Wasserstoffcarrier und wurde im Stoffwechsel als Hemmer des intermediären Kohlenhydratstoffwechsels der Hirnzellen nachgewiesen. Es hat auch hämostatische Wirkung und soll die Körpertemperatur mit zentralem Angriffspunkt senken. 0,5—10 mg intravenös sind am Menschen ohne jede sympathomimetische Wirkung, selbst der Blutdruck bleibt völlig unbeeinflusst. Dagegen werden in den bisher sehr wenigen Versuchen (individuell verschieden ausgesprochen) bereits 10 min nach Injektion folgende Veränderungen beobachtet:

Hyperaktivität, beeinträchtigtetes Urteilsvermögen, Einsichtslosigkeit, Angst, Depressionen (letztere in einem Fall 4 Tage lang anhaltend), Depersonalisation, gestörter Zeit- und Raumsinn, mangelnde Kontaktfähigkeit mit anderen Menschen, Negativismus, Lockerung assoziativer Prozesse, erhöhte Ablenkbarkeit; die Verfasser (HOFFER und Mitarbeiter 1954) bezeichnen es als schizophrenieähnliche Zustände mit im Vordergrund stehenden lebhaften optischen Halluzinationen.

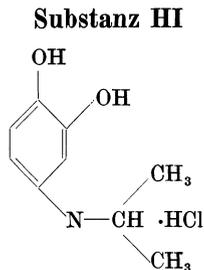
Tag	Adrenochrom 17 alt 10^{-3} 22 ^h 30	18.	19.	20.
Netz				
Netzgröße				
Winkelregelmäßigkeit	1,79	9,86	3,33	2,59
Nabensymmetrie	1,01	1,48	1,14	1,23

Abb. 45. Die Netzveränderungen nach alter Adrenochromlösung sind von denen nach frischer (Abb. 45 a) kaum zu unterscheiden

Die Vergiftung mit der LD_{50} von 137 mg/kg zeigt bei der Ratte das Bild fortschreitender Lähmung der Hinterextremitäten, Dyspnoe, Apathie, Exophthalmie und Hypothermie. WITT (1954) fand die tödliche Dosis für Mäuse und Spinnen mit 0,5 g/kg etwa gleich.

Adrenoxyl

erwies sich an Spinnen als unwirksam (WITT 1954)



Diese Substanz, die wegen ihrer chemischen Ähnlichkeit mit Adrenochrom untersucht wurde, erwies sich ebenfalls an Spinnen unwirksam (WITT 1954).

Nembutal

(Äthyl-(1-methyl-butyl)-barbitursäure)

Um die vermutlich den Netzbau unterbrechende Dosis zu vermeiden und damit Netzveränderungen sichtbar zu machen, wurden 40 γ Nembutal/Tier 6—8 und 11—13 Std vor dem Netzbau in zusammen 34 Versuchen an Spinnen verfüttert (WITT 1954). Ungefähr 7 Std vor dem Netzbau gegeben war außer einer Netzverkleinerung kein Einfluß auf den Netzbau erkennbar, die übergroßen Sektoren

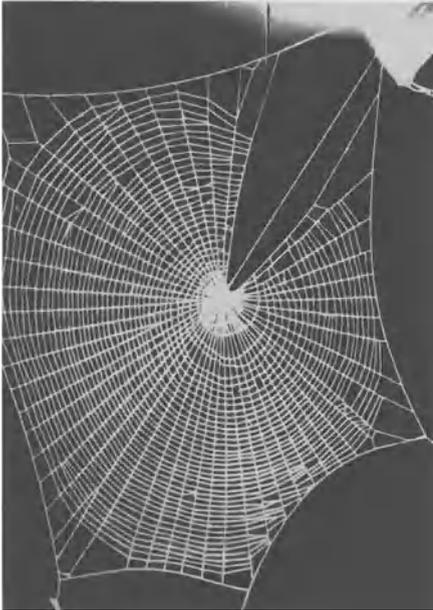


Abb. 46 a.

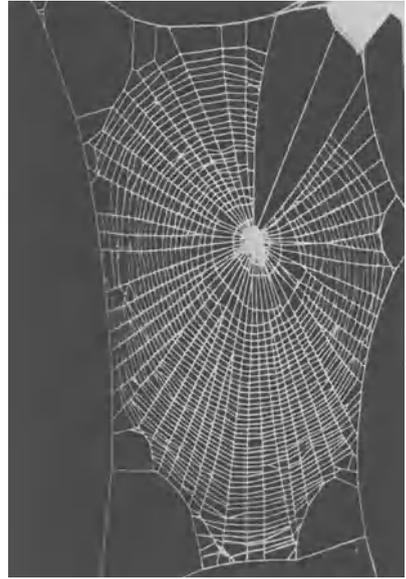


Abb. 46 b.

Abb. 46 a u. b. Netze der gleichen Spinne an zwei aufeinanderfolgenden Tagen, das zweite unter dem Einfluß von Nembutal gebaut

waren schwach gesichert vermehrt. 11—13 Std vor dem Netzbau gegeben bewirkte Nembutal:

1. Stark gesicherte Verkleinerung der Fangflächen.
2. Stark gesicherte Verlängerung der Netze.
3. Stark gesichert erhöhte Winkelunregelmäßigkeit.
4. Stark gesichert größere Streuung der Nabensymmetrie.
5. Schwach gesichert eine erhöhte Zahl übergroßer Sektoren.

Wenn mehrere übergroße Sektoren nebeneinander auftreten, wird keiner gezählt, da dann definitionsgemäß keiner größer ist als die Summe seiner ebenfalls übergroßen Nachbarwinkel. Dies kam mehrere Male in Nembutalnetzen vor und ist wahrscheinlich der Grund, daß die Veränderung nicht stark gesichert ist.

2 typische verlängerte Netze mit unregelmäßigen Winkeln und übergroßen Sektoren sind im Vergleich mit den Normalnetzen in Abb. 46 und Abb. 47 gezeigt.

Das vermehrte Auftreten übergroßer Sektoren und unregelmäßiger Winkel wurde schon in einer früheren Arbeit (PETERS, WITT, WOLFF 1950) nach Veronal beobachtet und ist somit vielleicht eine Wirkung mehrerer Barbiturate. Es wurde

als vorzeitiges Abbrechen des Speichenziehens gedeutet, was auf eine Verminderung der Triebenergie zurückgeführt werden könnte. Dies wäre dann ein weitgehend substanzunspezifisches Symptom.

Mensch. Die Barbiturate haben ihren vorwiegenden Angriffspunkt am Zentralnervensystem, wobei vermutlich die subcorticalen vor den corticalen (HORSLEY 1943), die höheren Zentren vor dem Hypothalamus (TATUM 1939) gedämpft werden. Gemäß der Einteilung der Barbiturate nach ihrer Wirkungsdauer, gehört

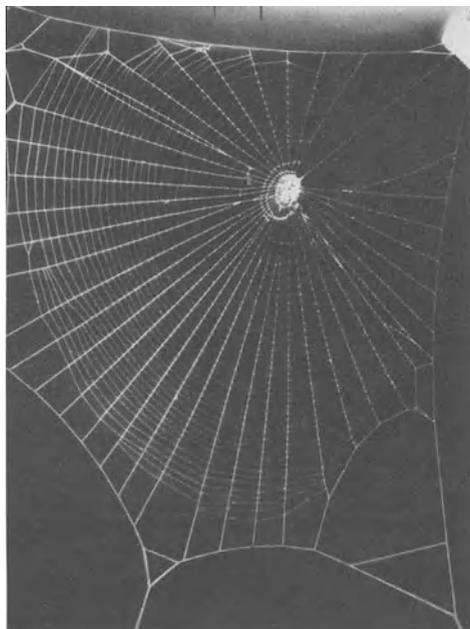


Abb. 47 a.



Abb. 47 b.

Abb. 47 a u. b. a Normalnetz der Spinne 137 am 30. 8. 54. b Netz der gleichen Spinne am 31. 8. 54, nachdem sie am Abend vorher Nembutal getrunken hat

Nembutal zu den kurzdauernden und schnell wirkenden (TATUM 1939, NNR 1952), die therapeutische Einzeldosis beträgt etwa 0,1 g für einen Menschen. Die dämpfende bis lähmende Wirkung am Zentralnervensystem steht beim Wirkungsbild der Barbiturate entschieden im Vordergrund, wobei von Beruhigung über Schlaf bis zur Narkose und Koma je nach Dosis alle Stadien durchlaufen werden können (HORSLEY). Hierbei wird beim Menschen das Atemzentrum vor dem Kreislauf angegriffen, Herzleistung, Blutdruck und Nieren bleiben weitgehend unbeeinflusst (TATUM). Eine Senkung des Grundumsatzes, gemessen am O_2 -Verbrauch, konnte beim Menschen nur nach hohen Dosen vorübergehend nachgewiesen werden.

Im Zusammenhang mit der Wirkung der Barbiturate auf den Netzbau interessieren 2 Beobachtungen:

Bei Laboratoriumstieren ist eine erregende Wirkung relativ niedriger, noch nicht narkotisch wirkender Dosen von Barbituraten bekannt, was TATUM als Dämpfung der Hirnrinde vor dem Hypothalamus und damit Fortfall übergeordneter Hemmungen erklärt.

Am Menschen ist nach kleinen Dosen die vorübergehende seelische spannungs-lösende Wirkung bekannt, wobei eine Unfähigkeit entsteht, Fragen nicht zu be-antworten (Wahrheitsserum), ein Gefühl von Wohlbefinden, Redelust und Freund-lichkeit die Person überwältigt. Technisch wird hierfür so vorgegangen, daß die

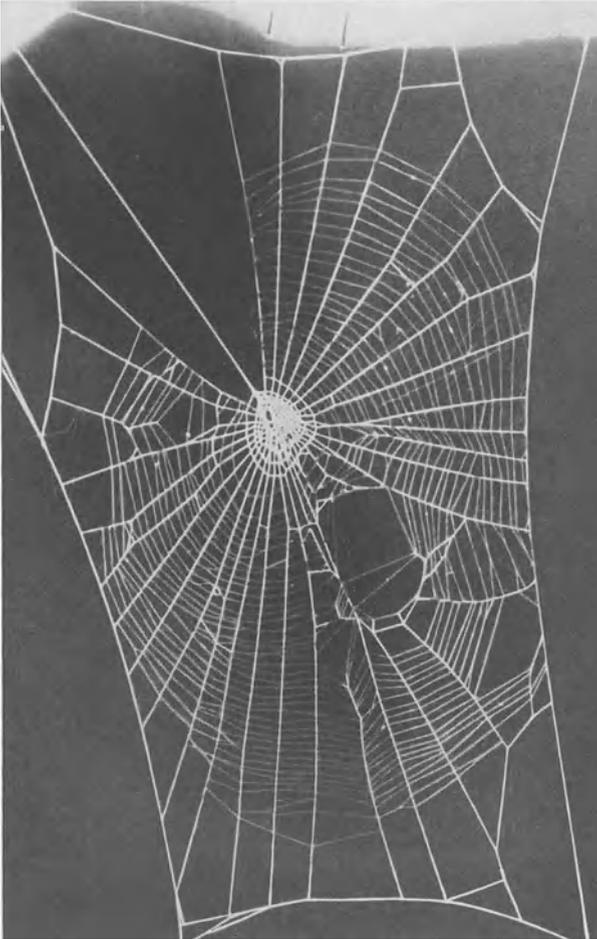


Abb. 48. Netz nach Xylopropamin

narkotische Dosis in 10 ml Wasser gelöst in der Menge von 1 ml/Minute langsam i.v. injiziert wird (HORSLEY: Narkoanalyse).

Sowohl beim Menschen wie auch ganz besonders beim Tier läßt sich also nach niederen Dosen von Nembutal (und damit wahrscheinlich der meisten Barbiturate) ein eher erregender Effekt nachweisen, der wohl am ehesten der Wirkung auf den Netzbau der Spinne ähnelt. Der Netzbautrieb direkt wird von niederen Dosen scheinbar nicht beeinträchtigt, was interessant im Vergleich mit der Wirkung des Largactil scheint.

Xylopropamin

(1-(3',4'-Dimethyl-phenyl)-2-amino-propan)

In einer vergleichenden Untersuchung von Pervitin und Xylopropamin, zweier Arylalkylamine, findet WITT (1956) deut-

liche Unterschiede in der Wirkung auf den Netzbau. Xylopropamin bewirkt in ca. 40 γ /Tier 10 Std vor dem Netzbau gegeben:

1. Wahrscheinlich verminderte Netzbauhäufigkeit.
2. Stark gesichert kleinere Netze.
3. Stark gesichert erhöhte Winkelunregelmäßigkeit.
4. Stark gesichert verminderte Radienzahl.

Die gleiche Dosis 6 Std vor dem Netzbau gegeben verhindert diesen vollständig. 4 γ /Tier 11 Std vor dem Netzbau 38 Spinnen appliziert bewirkten bei diesen:

1. Stark gesichert kleinere Netze.
2. Stark gesichert verminderte Radienzahl.

Sonst keine meßbaren Veränderungen.

Dagegen zeigte die Betrachtung der Netze eine immer wieder auftretende Unterbrechung der Fäden, die nach scheinbar richtigem Anheften nachträglich zusammengeschnellt waren und dadurch das Netz verzogen hatten. Dies ist deutlich aus Abb. 48 zu ersehen.

Die vorläufige Deutung sieht den Unterschied zwischen der Wirkung von Pervitin und Xylopropamin hauptsächlich in einem verminderten zentralnervösen Angriff des letzteren und einer nach Xylopropamin an unbekannter Stelle wahrscheinlich gestörten Fadenproduktion.

Über die experimentelle Prüfung der Wirkung der Substanz am Menschen habe ich keine Angaben gefunden.

Herkunft der Substanzen

Mescalinsulfat von F. Hoffmann-La Roche & Co. A.G., Basel.

3,5-Dijod-4-methoxy- β -phenäthylamin von Dr. HORST JATZKEWITZ.

Strychnin und Strychninderivate von den Asta-Werken, Westfalen.

d-Lysergsäure diäthylamid von Sandoz A.G., Basel.

Largactil von S.P.E.C.I.A., Paris.

Benzopyran 122 von Herrn Prof. Dr. S. LOEWE, Dept of Pharmacology, University of Utah, Salt Lake City.

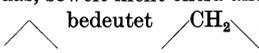
Adrenochrom von Dr. R. HIRTH bei Dr. WANDER A.G., Bern.

Adrenoxyl von Labaz S.A. Bruxelles.

Substanz HI von Dr. R. HIRTH bei Dr. A. WANDER A.G., Bern.

Nembutal = Pentobarbital Sodium von Abbot Laboratories, Chicago I 11.

Xylopropamin von F. Hoffmann-La Roche & Co. A.G., Basel.

Anmerkung zu den Formeln: Die im Vorangehenden abgebildeten Formeln sind so zu lesen, daß an jede Ecke (Winkel) ein Kohlenstoffatom einzusetzen ist, das, soweit nicht extra anders eingezeichnet, mit Wasserstoffatomen abgesättigt ist. Beispiel:  bedeutet CH_2 .

Auswertung der Testergebnisse

Identifizierung der Substanzen im Vergleich mit anderen Tests

Alle bisher untersuchten Substanzen haben ein verschiedenes Wirkungsspektrum, wenn wir sie am Netzbau der Spinne *Zilla-x-notata* Cl. untersuchen. Wir müssen allerdings außer den Netzproportionen noch andere Kriterien berücksichtigen, wie Netzbauhäufigkeit (z. B. ausschließlich Verminderung der Netzbauhäufigkeit nach Largactil), Wirkungsdauer (z. B. Adrenochrom 12 Std vor der Netzbauzeit gegeben beinahe unwirksam, 6 Std vorher hochwirksam; Nembutal im Gegensatz dazu 12 Std vorher gegeben hochwirksam, 6 Std vorher beinahe unwirksam), wirksame Substanzmenge (z. B. verschiedene Wirkung nach verschieden hohen Dosen von LSD 25 und Pervitin), um das ganze Wirkungsspektrum der Substanz zu erfassen.

Der Spinnentest scheint anderen Methoden dadurch überlegen, daß er viele Funktionen zur Auswertung verwendet, während diese meist nur eine verwenden. Als Beispiel sei die Messung der Motilität von Mäusen im Zitterkäfig (siehe u. a. bei FORST 1939) erwähnt, wobei sich alle Substanzen in 3 Gruppen gliedern lassen:

solche, die die Motilität der Mäuse vermehren, solche die sie dämpfen und unwirksame Mittel. Tiertests von hoher Substanzspezifität sind für das Zentralnervensystem fast unbekannt. So ist z. B. der Hundetaumeltest für Haschisch (siehe bei LOEWE 1944) meines Wissens nie auf seine Empfindlichkeit gegenüber anderen Substanzen geprüft worden.

Als Beispiel seien alle bekannten Tiertests für Haschisch aufgezählt:

An Rhesusaffen beschreibt LOEWE (1944) die Ataxiewirkung.

An Hunden definiert LOEWE (1944) 5 Stadien der Wirkung, FRÄNKEL (1903) und JOEL (1925) teilen die beobachtete Wirkung in Katalepsie, Torkeln, fibrilläre Muskelzuckungen und Erbrechen ein, WALTON (1938) prüft wie LOEWE, aber unterscheidet 6 Stadien der Wirkung.

Bei der Katze werden von JOEL (1925) und GAYER (1928) die gleichen Tests wie bei Kaninchen (siehe unten) angewandt. JOEL arbeitet teilweise auch mit decerebrierten Katzen.

An Kaninchen findet GAYER (1928) den später von LOEWE (1944) und WALTON (1938) benutzten Test der Prüfung der Cornealanästhesie, der sich aber nach LOEWE (1944) als unspezifisch erweist.

Bei der Ratte prüfen DAVIES et al. (1946) die Analgesiewirkung, HITZEMANN (1941) das Ausrutschen der Tiere.

Tabelle 1

Substanz	Dosis γ/Tier	Anzahl der Versuche		Fangfläche		Zahl über- großer Sektoren	Winkel- regel- mäßigkeit	Spiral- regel- mäßigkeit	Form der Spirale	Streuung der Naben- excentr.	Besonder- heiten
		Netzbau- häufigkeit	Größe	Form							
Mescaline	100	56	0	0		0	—	—	Mitte steiler		bleibende Veränd. ?
Pervitin	18—33	43	+	—	0	+	—	—	verzittert		
Pervitin	<18	24	0	+	0	+	erhöhte Radienzahl ?	—	verzittert		
Scopolamin	5—60	60	0	—	länger		—	—	systemat. veränd. Verl.	+	lockere Ra- dien, mehrere Zentren
Coffein	100	23	0	(—)	breiter	+		0			wenig. durch- lauf. Radien
Strychnin	30—82	91	—	—	kreis- förmig	(+)		+	wenig. Um- kehrstellen		
LSD 25	0,1—0,3	13	0	(—)	länger		(—)				
LSD 25	0,03—0,05	22	—	(+)		—	+	(+)			
Largactil	1—100	51	—	0	0	0	0	0		0	
Benzopyran 122	?	13		—			(—)				relativ. Vergr. d. Raumes zw. Rahm. u. Spirale
Adrenochrom	4	33	0	—		0	(—)	0	nur halb	+	Netz weit von Sitzpl.
Adreno- chrom alt	4	35	0	—			—		nur halb	+	Netz weit von Sitzpl.
Nembutal	40	34	0	—	länger	(+)	—			+	

0 = keine Veränderung gegenüber der Norm, + = Zunahme, — = Abnahme, () = schwach gesicherte Veränderung

An der Maus prüft PULEWKA (1950) die Fähigkeit der Tiere, sich an einem Stab anzuklammern, LOEWE (1944) die synergistische Wirkung zu Schlafmitteln und die Katalepsiewirkung durch Aufsetzen der Tiere auf Drähte, GAYER (1928) die Katalepsie und Cornealanästhesie, HITZEMANN (1941) beobachtet das Torkeln der Tiere.

Schließlich begnügen sich ROBINSON (1941), HITZEMANN (1941) und VIEHOEVER (1935) damit daß sie die für Goldfische oder Daphnien tödliche Dosis feststellen, um die Wirkungsstärke eines gegebenen Extrakts zu ermitteln. Hierbei ist nicht einmal klar, ob die beobachtete tödliche Wirkung überhaupt den haschischwirksamen Substanzen zuzuschreiben ist.

Alle Methoden setzen voraus, daß man weiß, daß man Haschisch und keine andere Substanz zur Prüfung hat.

Die Veränderungen der Netzproportionen nach verschiedenen Substanzen sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Um alles in eine Tabelle zu bringen, mußte stark vereinheitlicht werden, und viele Einzelheiten sind nicht in der Tabelle berücksichtigt; diese sind in den Berichten unter den einzelnen Substanzen nachzulesen. Mit Hilfe der Tabelle sollte es möglich sein, eine unbekannt an Spinnen wirksame Substanz einzuordnen und ihre Identifizierung zu erleichtern.

Variation einzelner Kriterien

Die Netzbauhäufigkeit kann im Sinne einer Zunahme (Pervitin 18—33 γ) sowie im Sinne einer Abnahme (Strychnin, LSD 25 niedere Dosis, Largactil) verändert sein. Sie wird nach Applikation der meisten Substanzen etwas vermindert, aber nicht so stark, daß die verwendeten Versuchszahlen eine statistische Sicherung erlauben. Dies muß man beim Planen von Versuchen berücksichtigen; man muß nämlich so viele Spinnen ansetzen, daß man trotz verminderter Netzzahl noch genügend Netze zum Auswerten bekommt. Die Versuche mit Largactil sprechen dafür, daß es einen pharmakologisch isolierbaren Netzbautrieb gibt.

Eine verschiedene Wirkungsdauer verschiedener Substanzen läßt sich deutlich herauslesen. Auf die Unterschiede in der Schnelligkeit des Wirkungseintritts zwischen Adrenochrom (schnell) und Nembutal (langsam) wurde schon oben hingewiesen. Für Largactil zeigt sich eine dosisabhängige Wirkungsdauer (Abb. 42); geben wir höhere Dosen, erhalten wir eine entsprechend längere Unterbrechung des Netzbaues.

LSD war z. B. vor 20 Uhr appliziert sicher wirksam, danach nur noch bei einzelnen Tieren. Nembutal war nach 6—8 Std kaum wirksam, dagegen 11—13 Std an Netzgröße, Länge, Winkelregelmäßigkeit und Nebensymmetrie. Am Tage darauf waren die Veränderungen noch schwach gesichert vorhanden.

Die Netzgröße ist beinahe immer vermindert. In 2 Fällen, nämlich nach niederen Dosen Pervitin und niederen Dosen LSD 25, ist sie (schwach gesichert) vermehrt. Und nur 2 mal, wie nach Largactil und Mescaline (und nach einigen überhaupt unwirksamen Substanzen wie Substanz HI), blieb sie unbeeinflusst. Wir müssen also wohl eine Verminderung der Größe der Fangfläche als eines der wenigst substanzspezifischen Kriterien ansehen und können nach ihrem Auftreten keine Schlüsse auf die Wirkung der verwendeten Substanz ziehen. Auf die mangelnde Spezifität dieses Kriteriums deutet es auch hin, wenn am 2. oder 3. Tag nach Applikation alle Anzeichen der Substanzwirkung außer der verminderten Netzgröße wieder verschwunden sind (z. B. Adrenochrom). Die Verkleinerung der Fangfläche hat wohl auch nichts mit dem eigentlichen, durch Largactil ausschaltbaren Netzbautrieb zu tun.

Die Form der Fangfläche kann in beiden Richtungen von der Norm abweichen: das Netz kann einmal länger als normal (Skopolamin, LSD 25 hohe Dosis, Nembutal) als auch kürzer und breiter (Strychnin, Coffein) sein. Diese Maßzahl läßt keine Beziehung zu einer anderen erkennen, und dies liegt vielleicht daran, daß dies Maß besonders willkürlich gewählt ist und weder eine bestimmte Handlung noch einen Orientierungsmechanismus im Netzbau charakterisiert. Wir wissen nichts darüber, welche Bewegungen und welcher Sinn der Spinne für die Netzform die entscheidende Rolle spielt.

PETERS (1939 b) machte einige Experimente mit Netzdrehung während des Baues, wobei er um 90° gerade dann drehte, wenn die Spinne Rahmen und Radian vollendet hatte. Die Fangfläche, gewöhnlich in der senkrechten Achse länger, wurde nun wieder in der neuen senkrechten Achse länger gebaut, obwohl der von der Spinne vor Drehung angelegte Rahmen nun nicht mehr dazu paßte, da er in der waagerechten Achse länger war. Das heißt, daß nicht die Rahmenanlage, sondern eine Orientierung offenbar nach der Schwerkraft für die Form der Fangfläche entscheidend ist; eine solche Orientierung könnte bei den längeren und breiteren Netzen beeinträchtigt gewesen sein.

Wir müssen also 2 Arten von Störungen bei der Form der Fangfläche unterscheiden, solche, wo Rahmen und Fangfläche gemeinsam verändert sind (noch zueinander passen) wie nach Nembutal und solche, wo Rahmen und Fangfläche sich sozusagen voneinander unabhängig gemacht haben, wie nach Benzopyran 122.

Übergroße Sektoren treten recht häufig und oft noch lange Zeit nach der Substanzgabe auf (nach Veronal 3 Tage lang), sind also wohl wie die Netzgröße auch unter die weniger spezifischen Symptome zu rechnen. Ihre Zahl kann allerdings auch vermindert sein, besonders wenn die Substanz zu einer Jahreszeit geprüft wurde (Herbst), wo normalerweise viele übergroße Sektoren auftreten. Sicher handelt es sich hier um eine leicht angreifbare Funktion, vielleicht eine Art Trägheit oder Müdigkeit bei der Radiananlage, eine ganz allgemein veränderte Grundstimmung beim Netzbau.

Die Veränderung der Winkelregelmäßigkeit scheint nicht notwendigerweise mit den übergroßen Sektoren zusammen zu hängen. Bei übergroßen Sektoren handelt es sich um das Auslassen eines Fadens gegen Ende der Bauphase, in der die Radian eingesetzt werden (PETERS, WITT, WOLFF 1950). Bei der Winkelregelmäßigkeit dagegen ist ein Orientierungsmechanismus betroffen, der während dem ganzen Radien- und Rahmenbau aktiv ist. Bevor nämlich „die Spinne einen neuen Radialfaden einzieht, greift sie im Zentrum des Netzes, in Rundgängen, die bereits vorhandenen Speichen mit den Beinen ab“ (PETERS, WITT, WOLFF 1950), wonach sie gewissermaßen das Einsetzen eines neuen Radius entscheidet. Hier scheint die Störung anzusetzen, die sich als vermehrte oder verminderte Winkelregelmäßigkeit in der entsprechenden Maßzahl äußert.

Bei der Spiralregelmäßigkeit ist sowohl eine Veränderung im Sinne erhöhter Unregelmäßigkeit (Mescaline, Pervitin, Scopolamin) wie auch erhöhter Regelmäßigkeit (LSD 25 niedere Dosis) festzustellen. Diese Veränderung muß scheinbar nicht notwendigerweise zusammen mit einer Veränderung der Winkelregelmäßigkeit auftreten (z. B. Benzopyran). Dies ist deswegen so schwer zu verstehen, weil wir (WITT 1952) mit anderen Autoren zusammen annehmen, daß die Abstände der Radian als Orientierung bei der Anlage der Klebspirale dienen, wie auch das Experiment von PETERS (1939 b) mit Durchbrennen jedes zweiten Radius und danach veränderter Klebspirale zeigt. Unregelmäßige Radienwinkel sollten also eigentlich

nur eine unregelmäßige Spirale zulassen. Andererseits erfassen wir ja mit unserer Maßzahl für die Spiralregelmäßigkeit nur Verhältnisse von Abständen entlang einem Radius, nie die Abstände selber. Es ist also sehr wohl denkbar, daß innerhalb desselben Winkels, in dem wir gerade messen, von außen nach innen keine besonderen Schwankungen der Klebfadenabstände auftreten, ganz egal wie sich die Nachbarwinkel verhalten. Winkelunregelmäßigkeit und Klebfadenunregelmäßigkeit (in der von uns benutzten Weise gemessen) können also unabhängig voneinander auftreten.

Außer der mit Maßzahlen erfaßten Vermehrung oder Verminderung der Regelmäßigkeit der Klebfadenabstände haben wir auch noch andere Störungen im Spiralbau, die wir teils nur beschreibend erfaßt haben. Die Abweichungen sind unter den einzelnen Substanzen näher geschildert. Hier interessiert uns, daß die Klebspirale offenbar das differenzierendste Reagens auf die Wirkung von Substanzen zu sein scheint, indem sie viele verschiedene Arten von Veränderungen zeigen kann. Es wurde schon früher darauf hingewiesen, daß mindestens 2 Gruppen von Orientierungsmechanismen bei der Anlage der Klebspirale eine Rolle spielen (WITT 1952), die ständig wirkende Richtungskoordination nach dem kürzesten Weg und die vorübergehend auftretenden Steuerkomponenten; aber die Beobachtung der verschiedenen Substanzstörungen läßt weit mehr Mechanismen vermuten. Es gibt scheinbar viele voneinander unabhängige störbare Mechanismen, die beim Bau der Klebspirale eine Rolle spielen. Und unsere Substanzen können eine Reihe dieser Funktionen unabhängig voneinander stören. Hier liegt ein Beispiel dafür vor, daß die Veränderung von Funktionen auf pharmakologischem Wege „die in diesen hochkomplexen Instinktbewegungen zusammenwirkenden Einzelfunktionen experimentell analysieren“ läßt (PETERS, WITT 1949).

Welcher Mechanismus der Veränderung der Nabensymmetrie zugrunde liegt, wissen wir nicht. Es ist interessant, daß hier nicht entweder eine weiter oder näher am Schlupfwinkel liegende Nabe auftritt, sondern eine Substanz bewirkt erhöhte Unregelmäßigkeit in dem Sinne, daß die gleiche Substanz die Nabe einmal ungewöhnlich nahe, ein anderes Mal ungewöhnlich weit vom Schlupfwinkel liegen läßt (Abb. 31).

Vergleich der Substanzwirkungen bei Spinne und Mensch

Der Vergleich zwischen Mensch und Tier, besonders zwischen Mensch und dem nur sehr entfernt verwandten wirbellosen Tier, ist problematisch und kann nur mit klar definierten Methoden durchgeführt werden. Man kann Körperteile mit Hilfe der vergleichenden Anatomie vergleichen, und dies ist so selbstverständlich, daß keiner sich gegen den Ausdruck „Bein“ z. B. für Mensch und Insekt oder „Auge“ für Mensch und Wasserfloh wehrt, obwohl sie im Bau jeweils recht verschieden sind. Man kann mit Hilfe der vergleichenden Physiologie Funktionen vergleichen, wie z. B. das Sehen, Hören, Riechen oder Verdauung, Herzarbeit usw. Man kann den Chemismus des Körpers mit biochemischen Methoden vergleichen, und schließlich kann man auch seelische Regungen bei Mensch und Tier beobachten.

Letzteres ist ohne Zweifel am problematischsten, ist doch das Vorhandensein einer Seele beim Tier umstritten. Ein pharmakologischer Vergleich scheint aber deshalb berechtigt, weil sich sowohl die körperlichen Grundlagen der Seele, das

Nervensystem und besonders das Zentralnervensystem, bei Mensch und Spinne findet und vergleichen läßt (HANSTRÖM 1928), als auch weitgehende chemische Parallelen bei der Nervenübertragung von Mensch und Spinne existieren.

Schon die Zellatmung verläuft bei Insekten z. B. nach dem gleichen Schema wie beim Menschen, nämlich mit Hilfe eines mit CN vergiftbaren Cytochromsystems (WILLIAMS 1951). BULLOCK und Mitarbeiter (1947) fanden Acetylcholin und Cholinesterase in allen leitenden Geweben, allen Arten von Nerven: „bei Wirbellosen und Wirbeltieren, motorischen und sensiblen Fasern, zentralen und peripheren, sog. cholinergischen und adrenergischen und im gestreiften Muskel.“ In Tubularia, einem Wassertier aus der Gruppe der Coelenteraten, haben wir ein Tier mit dem primitivsten Nervenetz, das eine einfache, über den ganzen Körper mit Dekrement leitende Funktion besitzt. Auch hier fanden BULLOCK, GRUNDFEST, NACHMANSOHN u. ROTHENBERG (1947) eine Cholinesterase, die ebenso hoch spezifisch war wie bei höheren Tieren. Ein chemisches Substrat der Erregungsleitung ist also Tieren und Menschen gemeinsam. Auf dieser Ebene läßt sich ein Vergleich zwischen Tier und Mensch denken, und es ist nicht verwunderlich, daß viele gleiche Substanzen am Nervensystem der Menschen und der Tiere angreifen. Das Nervensystem ist, soviel wir wissen, der körperliche Repräsentant der seelischen Funktionen, und eine normales Funktionieren des Nervensystems scheint die Voraussetzung für ein normales seelisches Geschehen zu sein.

Die Erschließung seelischer Vorgänge beim Tier begegnet einem methodischen Hindernis: vorausgesetzt, daß Tiere seelische Regungen haben, können sie sie uns nicht mitteilen. Wir sind auf Analogieschlüsse aus Handlungen und Ausdrucksbewegungen angewiesen. Eine gemeinsame Sprache gibt es nicht. Und das zweite Hindernis für die Erschließung seelischer Vorgänge beim Tier und deren evtl. Veränderungen ist ihre sicher von uns sehr verschiedene seelische Struktur. Wir führen aus all den angeführten Gründen den Vergleich nur mit 2 uns aussichtsreich erscheinenden Methoden durch: einmal übersetzen wir die optische Wahrnehmungswelt und Vorstellungswelt der Menschen in die taktile der Spinnen, und zum Zweiten führen wir den Vergleich nur formal durch, das heißt wir betrachten den Vergiftungsablauf, die Phasen der Wirkung, wellenförmiges An- und Abschwellen, aber nicht den Inhalt. Deshalb halten wir auch den Vergleich zwischen z. B. dem menschlichen Traumerlebnis nach Mescaline oder Haschisch und dem Netzbild für abwegig.

Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die bei Mensch und Spinne niedrigsten wirksamen Dosen der verschiedenen geprüften Substanzen. Die Gültigkeit dieser Tabelle ist dadurch eingeschränkt, daß die niederste beim Menschen wirksame Dosis verschieden angegeben wird. Bei dieser Gruppe von Substanzen sind ja nicht nur die interindividuellen Empfindlichkeitsschwankungen groß, sondern auch die intraindividuellen. Wir haben uns bemüht, die Zahlen für Menschen dadurch zu vereinheitlichen, daß nur die Substanzmengen angegeben wurden, die zentralnervöse Erscheinungen hervorrufen. Bei Spinnen ist nicht für alle Substanzen die untere Grenze der Wirksamkeit festgestellt worden, aber die angegebenen Zahlen sind in bezug auf Methode und interindividuelle Streuung einheitlicher. Das Verhältnis der Wirkung Mensch zu Spinne muß mit dem Verhältnis ihrer Körpergewichte verglichen werden. Nehmen wir grob den Menschen mit 60 kg Körpergewicht und die Spinne mit 60 mg an, so beträgt das Gewichtsverhältnis

Tabelle 2. Die *niedersten Dosen, bei denen beim Menschen zentralnervöse, bei der Spinne Netzbauveränderungen auftreten (ungefähre Zahlenangaben)*

Substanz	γ /Spinne	γ /Mensch	Mensch/Spinne	Lit.
LSD 25	0,03	10	333	BLICKENSTORFER (1952)
Largactil	1,0	37500	37500	HEIMANN, WITT (1955)
Adrenochrom	4	500	125	HOFFER et al. (1954)
Skopolamin	5	500	100	HEIMANN (1952)
Pervitin	10	5000	500	BONHOFF, LEWRENZ (1954)
Strychnin	30	2000	66,7	POULSSON (1923)
Nembutal	40	50000	1250	POULSSON (1949)
Mescaline	100	400000	4000	BERINGER (1927)
Coffein	100	100000	1000	BOCK (1923)
Summe (ohne Largactil)			7374,7	
Durchschnitt (ohne Largactil)			922	

Verhältnis Körpergewicht Mensch/Spinne = 60 kg/60mg = 1:1000000

1:1000000. Das durchschnittliche Dosisverhältnis (unter Auslassung des ganz abweichenden Largactil) beträgt dagegen 1:922 oder rund 1:1000 g. Das heißt, daß die Spinne im Durchschnitt tausend Mal mehr von einer der untersuchten Substanzen braucht als der Mensch, wenn eine Wirkung im Netzbau zu erkennen sein soll.

Folgende Erklärungsmöglichkeiten für den Unterschied wären zu erwägen:

1. Nicht das Gewicht des ganzen Körpers ist für die wirksame Dosis maßgebend, sondern das Gewicht des angegriffenen Organs (Zentralnervensystem) im Verhältnis zur Menge des Körperwassers, auf die sich das Medikament verteilt. Beides ist uns bei Spinnen unbekannt. Selbst (über das Verhältnis Zentralnervensystem zu Gewicht des übrigen Körpers wissen wir nichts, da solche Wägungen bei Spinnen nicht ausgeführt sind und wegen der mangelhaften Abgrenzung des zentralen Ganglions gegen die Umgebung auch kaum ausführbar sein dürften. Ferner variiert das Gewicht der Spinne stark mit dem Füllungszustand ihres Darmes und der Spinndrüsen. Es ist auch bekannt, daß die Dosis nicht genau mit dem Körpergewicht proportional variiert, was sich besonders bei großen Gewichtsunterschieden wie in unserem Fall bemerkbar machen müßte. Eine empirisch gefundene Formel zur Umrechnung gibt CLARK (1937):

$$\text{Dosis pro Einheit Körpergewicht} \times \sqrt[3]{\text{Körpergewicht}} = \text{const.}$$

Danach müßte der Mensch nicht, wie in Tabelle 2 angegeben, 1000000 mal mehr Substanz brauchen, sondern nur 10000 mal mehr als die Spinne, was dem gefundenen Verhältnis von etwa 1:1000 schon wesentlich näher kommt.

2. Die wirksame Konzentration einer Substanz in der Körperflüssigkeit hängt vom Verhältnis der Aufnahmegeschwindigkeit zur Eliminationsgeschwindigkeit ab. Die Zahlen über den Wirkungseintritt der einzelnen Substanzen deuten bereits darauf hin, daß der Zufluß aus dem Darm der Spinne in die Leibeshöhle sehr langsam vor sich geht, und so könnten Abbau und Ausscheidung relativ überwiegen.

3. Man könnte annehmen, daß das primitivere Zentralnervensystem der Spinne gegen Substanzen unempfindlicher ist als das des Menschen. Dies ist biochemisch schwer vorstellbar, denn entweder enthält es Rezeptoren für die fremde Substanz oder nicht. Empirisch ist aber oft Entsprechendes gefunden worden:

BÖHMER (1948) und WITT (1948) sammelten Erfahrungen mit Substanzen, deren Wirkung durch das Tierreich hindurch quantitativ verfolgt wurde. Die Untersuchungen wurden vergleichend an Wassertieren verschieden hoher Entwicklungsstufe gemacht, wobei die Grenzkonzentration der tödlichen und eben erkennbaren Wirkung bestimmt wurden. Bei fast allen untersuchten neurotrophen Substanzen zeigte sich eine Zunahme der Empfindlichkeit in der aufsteigenden Tierreihe, wobei teils eine sprunghafte, teils eine kontinuierliche Empfindlichkeitssteigerung von Tier zu Tier auftrat. Auch hier wurden für die Stärke der Wirkung Haftfestigkeit und Resorptionsbedingungen ebenso wichtig wie die Empfindlichkeit des Zentralnervensystems vermutet. Zum weiteren Vergleich sei die eben wirksame Dosis des zentralnervös angreifenden Morphins bei verschiedenen Lebewesen (ohne Insekten) aufgeführt, wie sie sich aus den Angaben von STARKENSTEIN (1924) errechnen läßt:

Bakterien	Lösung	stärker als	1%
Höhere Pflanzen	„		0,57%
Paramaecien	„	stärker als	0,1%
Ascaris	„	„ „	0,5%
Daphnia	„	„ „	1 %
Frosch	subcutan ca.		56 g/kg
Kaninchen	„		0,0728 „
Katze	„		0,02 „
Maus	„		0,0025 „
Mensch	per os		0,0001 „

Er schreibt zusammenfassend dazu, daß die Empfindlichkeit gegen Morphin mit der Entwicklung in der Tierreihe steigt und sich parallel auch das Wirkungsbild ändert.

Interessant ist noch in Tabelle 2 der Vergleich der Wirksamkeit bei den einzelnen Substanzen. Hier ist eindeutig Largactil bei Spinnen relativ am wirksamsten. Wir schlossen daraus (HEIMANN, WITT 1955), daß gewisse ähnliche psychische Störungen (Netzbautrieb — Antrieb) hier bei verschiedenen Lebewesen eine ähnliche qualitative und quantitative chemische Grundlage besitzen. Weitere Vermutungen scheinen bei dem Stand unseres Wissens nicht möglich.

Vergleich der qualitativen Wirkung bei Mensch und Spinne:

Stellen wir noch einmal die gefundenen Wirkungen der Substanzen bei Mensch und Spinne zusammen, so zeigt sich:

Nach Mescaline Parallelen nur im motorischen Bereich, nämlich beim Menschen motorische Unsicherheit, erschwerte Koordination und bei der Spinne Unregelmäßigkeiten im Bau von Winkeln und Spirale, vorzeitiges Abbrechen der Spirale. Beim Menschen subjektiv ein Gefühl der Schwere, bei der Spinne eine Spirale, die der ähnelt, die das Tier nach Auflegen eines Gewichtes baut. Für die beim Menschen nach Mescaline so charakteristischen optischen Halluzinationen und Illusionen, finden wir keine Parallele bei der Spinne.

Nach Pervitin zeigt die Wirkung hoher toxischer Dosen am Menschen am ehesten Parallelen zur Wirkung bei der Spinne.

Nach Skopolamin tritt beim Menschen eine periodisch abgleitende intentionale Gerichtetheit auf, bei der Spinne periodische Änderungen der Richtung der Klebspirale bis zum Bau mehrerer Zentren. Beide Erscheinungen liegen wohl, trotz ihrer oberflächlichen Ähnlichkeit, auf ganz verschiedenen psychischen Ebenen.

Die Coffeinwirkung bei Mensch und Spinne läßt keine Parallelen erkennen.

Strychnin scheint bei beiden Lebewesen eine gesteigerte Reflexerregbarkeit zu bewirken.

Das LSD 25 würde parallele Wirkungen zeigen, wenn man die autistische Abschließung des durch LSD berauschten Menschen von seiner Umwelt mit der verminderten Perzeption der von außen auftretenden Steuerkomponenten beim Spiralbau der Spinne vergleichen würde.

Largactil zeigt die größte Ähnlichkeit, indem die hauptsächlich gestörte Funktion bei beiden Lebewesen eine ähnliche zu sein scheint, die spontane Leistung wird in ihrer Entstehung gehemmt. Dies ist interessant im Vergleich mit der auch ähnlichen Höhe der wirksamen Dosierung.

Benzopyran zeigt keine erkenntliche Parallele.

Adrenochrom zeigt nur eine Ähnlichkeit in der tödlichen Dosis Maus — Spinne, sonst keine erkennbare Parallele.

Die Wirkung des Nembutal an der Spinne zeigt an den unregelmäßigen Netzen besonders schön die Parallele zur erregenden Wirkung niederer Dosen von Barbituraten bei höheren Tieren.

Im Ganzen scheint uns nicht genug Beobachtungsmaterial und Kenntnis über den Netzbau der Spinne vorzuliegen, um eine Vergleichbarkeit der qualitativen Wirkungen der Substanzen beim Menschen und Spinnen anzunehmen oder abzulehnen.

Zum Schluß noch ein Vorschlag, wie ein Vergleich bei mehr Material vorgenommen werden könnte: Wie wir schon erwähnt haben, ist ein Vergleich zwischen der Medikamentwirkung bei Mensch und Spinne nur sinnvoll, wenn wir die vorwiegend optisch eingerichtete Umwelt des Menschen (und deren Störungen) in die haptische Umwelt der Spinne (und deren Störungen) übersetzen können. Eine solche Übersetzung scheint nicht ganz unberechtigt. Einmal kennt man vom Menschen her das Auftreten sog. Mitempfindungen im Rausch. Der Reiz, der auf einen Sinn ausgeübt wird, erregt auch einen zweiten Sinn mit; Töne werden farbig gesehen, warm oder kalt empfunden, Farben wieder sind scharf oder weich, laut oder leise, tief oder hoch. Diese Mitempfindungen sind so lebhaft und unvermeidbar, daß BERINGER (1927) ihnen einen unzweifelhaften Wahrnehmungscharakter zuschreibt. Da dasselbe auch ohne Substanzeinwirkungen in pathologischen Zuständen auftritt, gab es zu der Ansicht Anlaß, daß es sich hier um ein grundsätzliches Phänomen handelt und daß es vielleicht ein Hinweis darauf sein könnte, daß alle Sinne aus einem gemeinsamen hervorgegangen sind (WUNDT 1902). Uns interessiert das Phänomen der Synästhesien hier deswegen, weil es getrennte Sinne nicht mehr so verschieden erscheinen läßt und eine Brücke von einem Sinn zum anderen schlägt.

Ferner scheinen Untersuchungen von Sinnestäuschungen zu zeigen, daß der optische und der haptische Sinn gewissermaßen vergleichbar sind und sich teilweise ersetzen können. RÉVÉSZ (1934) stellt Tendenzen heraus, die allen räumlichen Wahrnehmungen zugrunde liegen, wie die formbildende, formmodifizierende und formkorrigierende Tendenz. Aus dieser Überlegung entspringt die Forderung, daß im taktilen Gebiet die gleichen Arten von Raumtäuschungen vorkommen wie im optischen. Dies kann tatsächlich experimentell nachgewiesen werden, z. B. an der Stäbchenfigur, deren Mittelbalken α von Sehenden und Tastenden (z. B.

Blinden) in der gleichen Weise verschieden lang geschätzt wird (Abb. 49). Wenn man daraus die Forderung ableiten darf, daß die Rauntäuschungen nur Spezialfälle der allgemein und ständig wirkenden raumwahrnehmenden und formgestaltenden Tendenzen darstellen, ist zwischen den vorwiegend optisch und den haptisch orientierten Lebewesen kein grundlegender Unterschied mehr. Man kann sich dann auch vorstellen, daß beide durch die gleiche Substanz in ihrer raumgestaltenden Funktion gestört werden.

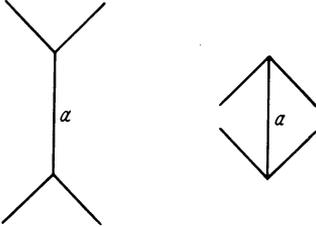


Abb. 49. Sinnestäuschungsfigur. Die beiden gleichlangen Linien a erscheinen verschieden lang

Am Schluß sei uns die kurze Andeutung einer bisher in keiner Weise bewiesenen, aber am Spinnennetzbau entwickelten Hypothese gestattet, die die Einwirkung von Medikamenten auf das Verhalten chemisch zu deuten versucht:

Jeder Netzbauphase liegt eine Stimmung zugrunde (siehe das entsprechende Kapitel). Diese Stimmung entspricht dem besonderen Vorhandensein eines Ferments (siehe Versuche von WILLIAMS 1951). Die Erschöpfung der Phase bedeutet Erschöpfung des Ferments, und ein neues tritt an seine Stelle.

Ein Medikament, welches das Verhalten in einer bestimmten Netzbauphase stört, greift wahrscheinlich an einem solchen Ferment an in der Form, daß es das Ferment vorzeitig blockiert (sich erschöpfen läßt) oder Mehrbildung fördert. Die Phase wird unvollständig oder übervollständig vollendet.

Während jeder Phase läuft ein komplizierter, zentralnervös gesteuerter Mechanismus ab, dessen Zusammenhang mit der Stimmung, dem Ferment unbekannt ist. Ein Medikament, das in diesen Mechanismus direkt eingreift, wird in allen Phasen störend wirken.

Ob dieser phasische Verlauf einer Handlung mit chemischen Grundstimmungen, auf dessen Basis sich Medikamentwirkungen verstehen lassen, nur den Wirbellosen eigentümlich ist, wissen wir nicht.

Literaturverzeichnis

- ADAMS, R.: Harvey Lectures **37**, 168 (1941/42).
ALLERS, R., u. E. FREUND: Z. Neur. **97**, 748 (1925).
BACQ, Z. M.: Pharmacol. Rev. **1**, 1 (1949).
BAERENDS, G. P.: Tijdschr. Entomol. **84**, 68 (1941).
BALTZER, F.: Mitt. Naturforsch. Ges. Bern, 1923/24.
— Rev. suisse Zool. **37**, 363 (1930).
BARTELS, M.: Z. wiss. Biol. Abt. C **10**, 527 (1929).
— u. F. BALTZER: Rev. suisse Zool. **35**, 247 (1928).
BERINGER, K.: Der Mescalinrausch. Berlin (1927).
BERTKAU, PH.: Arch. mikrosk. Anat. **14**, 398 (1885).
BLICKENSTORFER, E.: Arch. Psychiatr. Z. Neur. **188**, 226 (1952).
BLOCK, W., K. BLOCK u. B. PATZIG: Z. physiol. Chem. **290**, 160 (1952a).
— — — Z. physiol. Chem. **290**, 230 (1952b).
— — — Z. physiol. Chem. **291**, 119 (1952c).
BOCK, J.: Hdb. exper. Pharmacol. **2**, 508 (1923).
BÖGER, A., B. DEPPE u. K. WEZLER: Arch. exper. Path. u. Pharmacol. **189**, 480 (1938).
BÖHMER, R.: Inaug. Diss. Tübingen 1948.
BONHOFF, G., u. H. LEWRENTZ: Über Weckamine. Berlin 1954.
BONNET, P.: C. r. Soc. Biol. **91**, 1194 (1924).
BOYS, C. V.: Nature (Lond.) **23**, 149 (1880).
— Nature (Lond.) **40**, 250 (1889).
BRAUNITZER, G., u. D. WOLFF: Z. Naturforsch. **10b**, 404 (1955).
BRUN, R.: Die Raumorientierung der Ameisen. Jena 1914.
— Das Leben der Ameisen. Berlin 1924.
BULLOCK, TH., H. GRUNDFEST, D. NACHMANSOHN u. M. A. ROTHENBERG: J. of Neurophysiol. **10**, 11 (1947).
BUSCH, A., and W. JOHNSON: Dis. Nerv. System **11**, 241 (1950).
CELICE, J., and F. JEANSON: Referat Therapiekongr. Karlsruhe 30. 8. 53.
CLARK, A. J.: Hdb. exper. Pharmacol. **4**, 167 (1937).
DAHL, F.: Vjschr. wiss. Philosoph. **9**, 84 (1885).
DAVIES, O., J. RAVENTOS and A. WALPOLE: Brit. J. Pharmacol. **1**, 255 (1946).
Die Welt: 31. 3. 49.
EICHLER, O.: Kaffee und Coffein. Berlin 1938.
EPELBAUM, F.: Arch. int. Pharmacodyn. **104**, 241 (1956).
ERNST, K.: Inaug. Diss. Zürich 1954.
ESSEN, K., u. K. ROGGE: Arch. exper. Path. u. Pharmacol. **194**, 327 (1940).
FABRE, J. H.: Souvenirs Entomol. **9**, Paris 1923.
FISCHER, R., F. GEORGI u. R. WEBER: Schweiz. med. Wschr. 817 **1951**.
FORST, A.: Arch. exper. Path. u. Pharmacol. **192**, 257 (1939).
FRÄNKEL, S.: Arch. exper. Path. u. Pharmacol. **49**, 266 (1903).
GAYER, H.: Arch. exper. Path. u. Pharmacol. **129**, 312 (1928).
GASTAUT, H., S. FERRER u. C. CASTELLS: **13**, 102 (1952).
GERARD, R. W.: Science **122**, 225 (1955).
GOODMAN, L., and A. GILLMAN: The Pharmacolog. Basis of Therap. New York 1945.
GRÜNBAUM, A. A.: Psychol. Forschg. **9**, 275 (1927).
HANSTRÖM, B.: Vergleichende Anatomie. Berlin 1928.
— Zool. Jb. Abt. Anat. u. Ontog. **59**, 455 (1934).
HEIMANN, H.: Die Scopolaminwirkung. Basel 1952.
— u. P. N. WITT: Mschr. Psychiatr. **129**, 104 (1955).
HITZEMANN, W.: Arch. Pharmacol. **279**, 353 (1941).
HOCH, P., J. CATTELL and H. PENNES: Amer. J. Psychiatr. **108**, 579 (1952).

- HOFFER, A., H. OSMOND and J. SMYTHIES: *J. Ment. Sci.* **100**, 29 (1954).
 HOLZAPFEL, M.: *Z. vergl. Physiol.* **20**, 55 (1933a).
 — *Rev. suisse Zool.* **40**, 247 (1933b).
 HORSLEY, J. S.: *Narco-Analysis*. London 1943.
 JAKOBI-KLEEMANN, M.: *Z. vergl. Physiol.* **34**, 606 (1953).
 JASPERS, K.: *Allgemeine Psychopathologie*. Berlin 1948.
 JATZKEWITZ, H., u. H. D. NOESKE: *Z. physiol. Chem.* **287**, 43 (1951).
 — *Helvet. physiol. Acta* **13**, 89 (1955).
 JOEL, E.: *Pflügers Arch.* **209**, 526 (1925).
 KEUP, W.: *M Schr. Psychiatr.* **128**, 56 (1954).
 KIELHOLZ, P.: *Schweiz. Arch. Neur.* **73**, 431 (1954).
 KÖNIG, M.: *Z. Tierpsychol.* **8**, 463 (1951).
 KRAEPELIN, E.: *Über die Beeinflussung einfacher psychischer Vorgänge durch einige Arzneimittel*. Jena 1892.
Life: **22**. 3. 54, S. 79.
 LINDER, A.: *Statistische Methoden*. Basel 1951.
 LOEWE, S.: *Studies on the pharmacology of Marihuana*. New York 1944.
 MATÉFI, L.: *Confinia neur.* (Basel) **12**, 146 (1952).
 MAYER, G.: *Z. Tierpsychol.* **9**, 337 (1953).
 MAYER-GROSS, W. u. H. STEIN: *Z. Neur.* **101**, 354 (1926).
 Mayor's Committee on Marihuana: *The Marihuana Problem in the City of New York*. Lancaster, Pa. 1944.
 MCCOOK, H. C.: *American Spiders and their Spinning Work*. Philadelphia 1889.
 MEILI, R.: *Lehrbuch der psycholog. Diagnostik*. Bern 1951.
New and Nonofficial Remedies: Philadelphia 1952.
 OETCKE, E.: *Zool. Jb. Abt. allgem. Zool.* **31**, 245 (1912).
 PETERS, H. M.: *Zschr. vergl. Physiol.* **15**, 693 (1931).
 — *Zool. Jb. Abt. allg. Zool. u. Physiol.* **51**, 239 (1932a).
 — *Natur und Museum* **62**, 10 (1932b).
 — *Z. Morph. u. Ökol. Tiere* **26**, 447 (1933a).
 — *Z. vergl. Physiol.* **19** C, 47 (1933b).
 — *Forschgn. u. Fortschr.* **9**, 53 (1933c).
 — *Z. Morph. Ökol. Tiere* **32**, 613 (1936).
 — *Z. Morph. Ökol. Tiere* **33**, 128 (1937).
 — *Naturwissenschaften* **27**, 777 (1939a).
 — *Z. Morph. Ökol. Tiere* **36**, 179 (1939b).
 — *Z. Naturforsch.* **2**b, 227 (1947).
 — *Hochschulfilme C 593—596* (1950).
 — *Z. Naturforsch.* **6**b, 90 (1951).
 — *Experientia* (Basel) **9**, 183 (1953a).
 — *Z. Naturforsch.* **8**b, 355 (1953b).
 — *Z. Morph. Ökol. Tiere* **42**, 278 (1953c).
 — *Z. Naturforsch.* **10**b, 395 (1955).
 — u. P. N. WITT: *Experientia* (Basel) **5**, 161 (1949).
 — — u. D. WOLFF: *Z. vergl. Physiol.* **32**, 29 (1950).
 PETRUSEWICZOWA, E.: *Trav. Inst. Biol. Univ. Wilno* **13** (1938).
 POULSSON, E.: *Hdb. exper. Pharmakol.* **2**, 322 (1923).
 — *Lehrbuch der Pharmakol.* Leipzig 1949.
 PULEWKA, P.: *Arch. exper. Path. u. Pharmakol.* **211**, 278 (1950).
 Quatremère Disjonval: *De l'Aranéologie*. Paris 1797.
 RÉVESZ, G.: *Z. Psychiol.* **131**, 296 (1934).
 ROBINSON, B. B.: *J. Amer. Pharmaceut. Assoc.* **30**, 616 (1941).
 SAVAGE, C.: *Amer. J. Psychiatr.* **108**, 896 (1952).
 SAVORY, T. H.: *The Biology of Spiders*. London 1928.
 SCHWARZ, R.: *Arch. internat. Pharmacodynam.* **104**, 339 (1956).
Schweizer Illustrierte: Heft 28, 20 (1955).
Scientific American: December 1954.

- SIGWALD, J., u. J. FLAMANT: Referat Therapiekongr. Karlsruhe 30. 8. 53.
SOLLMANN, T.: A Manual of Pharmacology. Philadelphia 1945.
SPRONK, F.: Z. wiss. Biol. Abt. C **22**, 604 (1935).
STARKENSTEIN, E.: Hdb. exper. Pharmakol. **2**, 817 (1924).
STOLL, W. A.: Schweiz. Arch. Neur. **60**, 1 (1947).
TATUM, A. L.: Physiol. Rev. **19**, 472 (1939).
TILQUIN, A.: La Toile géométrique des Araignées. Paris 1942.
VAN DER KLOOT, W., and C. M. WILLIAMS: Behaviour **5**, 141 (1953a).
— — Behaviour **5**, 157 (1953b).
— — Behaviour **6**, 233 (1954).
— — Biol. Bull. **109**, 276 (1955).
VIEHOEVER, A.: Amer. J. Pharm. **109**, 360 (1937).
WALTON, R. P., L. F. MARTIN and J. H. KELLER: J. Pharmacol. a. exper. Ther. **62**, 239 (1938).
WEBER, R.: Schweiz. Arch. Neur. **71**, 412 (1953).
WIEHLE, H.: Z. Morph. Ökol. Tiere **8**, 468 (1927).
— Die Tierwelt Deutschlands **23**, Jena 1931.
WILLIAMS, C. M.: Federat. Proc. **10**, 546 (1951).
WITT, P. N.: Arch. exper. Path. u. Pharmakol. **208**, 185 (1948).
— Helvet. Physiol. Acta **7**, C 65 (1949).
— Experientia (Basel) **7**, 310 (1951).
— Behaviour **4**, 172 (1952).
— Helvet. physiol. Acta **12**, 327 (1954).
— Experientia (Basel) **11**, 113 (1955).
— Mschr. Psychiatr. Im Druck (1956 a).
— Arch. Internat. Pharmacodynam. Im Druck (1956 b).
— u. H. HEIMANN: Helvet. physiol. Acta **12**, C 98 (1954).
WOLFF, D., u. U. HEMPEL: Z. vergl. Physiol. **33**, 497 (1951).
WUNDT, W.: Leipzig (1902).
ZETTEL, H.: Arch. exper. Path. u. Pharmakol. **206**, 283 (1949).
ZUTT, J.: Nervenarzt **16**, 145 (1943).