

Wir müssen hoffen, daß noch recht viele unserer ursprünglich rund 1000 Verfrachtungsmöwen leben und daß wir noch wesentlich mehr Nachweise über Ansiedlung erhalten, damit die bisherigen Ergebnisse und Ausführungen durch ein noch größeres Material — möglichst auch statistisch — untermauert werden können.

S c h r i f t t u m

- DROST, R. (1953). Über die Heimatreue deutscher Seevögel; J. Orn. 94, S. 181—193.
— (1955). Wo verbleiben im Binnenland frei aufgezogene Nordsee-Silbermöwen?; Die Vogelwarte 18, S. 85—93.
- EBERHARDT, D. (1957). Brutvögel des Bislicher Eylandes; In: Heimatleben des Kreises Moers.
- EBERHARDT, D., und W. BUSCH (1954). Zur Wasservogelwelt des Bislicher Eylands (Niederrhein); Orn. Mitt. 6, S. 88—92.
- GOETHE, F. (1956). Die Silbermöwe. Neue Brehm-Bücherei, Heft 182, S. 43. Wittenberg-Lutherstadt.
- SCHÜZ, E. (1938). Über künstliche Verpflanzung bei Vögeln; Comptes rend. IX. Congr. Orn. Intern. 1938, S. 311—325.
- WACKERNAGEL, H. (1956). Aus der Lebensgeschichte einer im Binnenland aufgezogenen Silbermöwe; Orn. Beob. 4, S. 110—111.
- WÜST, W. (1953). Das Ismaninger Teichgebiet des Bayernwerkes (A.-G.), 13. Ber.; Anz. Orn. Ges. Bay. 4, S. 52.
— (1954). 25 Jahre Ismaninger Vogelparadies; Anz. Orn. Ges. Bay. 4, S. 240.

Aus dem Zoologischen Institut der Universität Frankfurt (Main) und der Vogelwarte Helgoland

Untersuchungen zur künstlichen Beeinflussung der Aktivität gekäfigter Zugvögel

Von F. W. Merkel

Inhalt Einleitung S. 173. Material und Methode S. 173. I. Auslösung der Zugunruhe durch Thyroxin S. 175. II. Ausschaltung der Zugunruhe: a) durch Methylthiouracil S. 178. b) durch ultraviolettes Licht S. 178. III. Die Wirkung von Insulin S. 181. IV. Zugauslösung durch DOCA S. 184. Zusammenfassung S. 185. Schriftenverzeichnis S. 185.

Einleitung

Zahlreiche Arbeiten der letzten 30 Jahre haben erwiesen, daß die Auslösung der bei vielen Vögeln regelmäßig auftretenden Wanderungen auf innere Faktoren zurückgeht, die bei den einzelnen Arten unter mehr oder weniger starker Kontrolle von Umwelteinflüssen stehen. Durch Hormone der Hypophyse, der Gonaden und der Schilddrüse gelang eine Beeinflussung der nächtlichen Zugunruhe gekäfigter Kleinvögel, deren normales Auftreten zeitlich gut mit den in der Freiheit stattfindenden Wanderungen übereinstimmt (MERKEL 1956). Auch die Ausbildung von Fettdepots, die als Anzeichen der „Zugdisposition“ gewertet wird, ließ sich durch Lang- und Kurztagbehandlung und durch Hormone beeinflussen. War man anfänglich geneigt, nach einem „Zughormon“ zu suchen, so wurde deutlich, daß der physiologische Zustand des zugunruhigen Vogels auf Grund eines Zusammenspiels mehrerer inkretorischer Drüsen erreicht wird. Es erschien daher wichtig, bisher bekannte Hormonwirkungen näher zu analysieren und zu prüfen, ob auch durch andere Hormone eine Beeinflussung der Zugunruhe bewirkt werden kann. Die Ergebnisse gewann ich im Rahmen von Untersuchungen vegetativer Zyklen gekäfigter Zugvögel.

Material und Methode

Die Versuchstiere, Dorngrasmücken (*Sylvia communis*) und Rotkehlchen (*Erithacus rubecula*), waren zur Messung ihrer Aktivität in Registrierkäfigen (MERKEL 1956) untergebracht, die 2 m vom Fenster der normalen Beleuchtungsperiodik von Frankfurt am Main ausgesetzt waren. 20 solcher Bauer waren ständig besetzt. Körpergewicht und Futterverbrauch aller Vögel standen unter laufender Kontrolle. Die Auswahl der jeweils zu behandelnden Tiere geschah auf

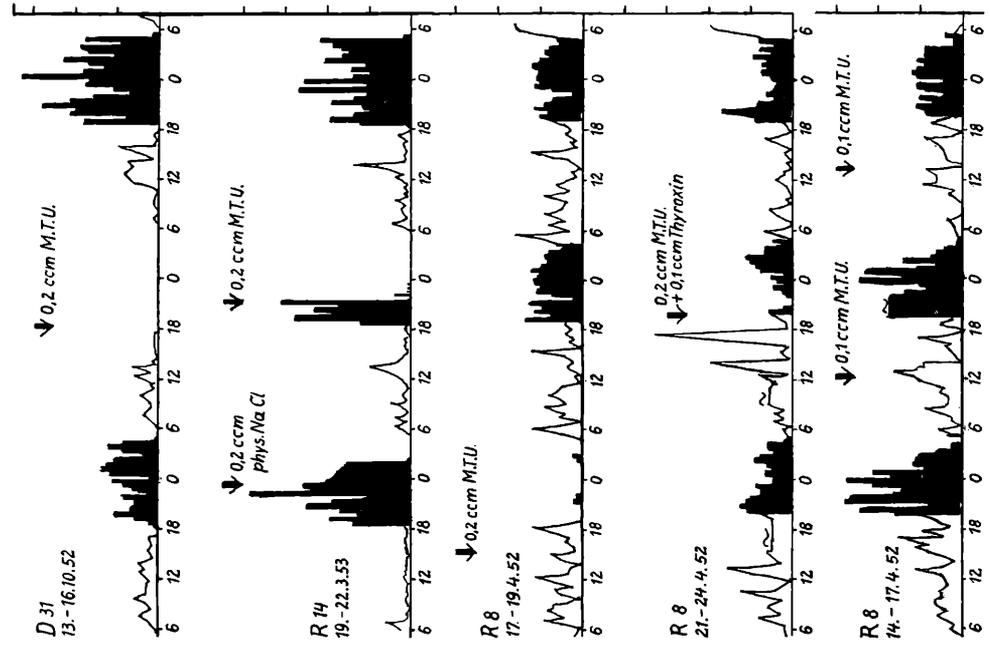


Abb. 2.

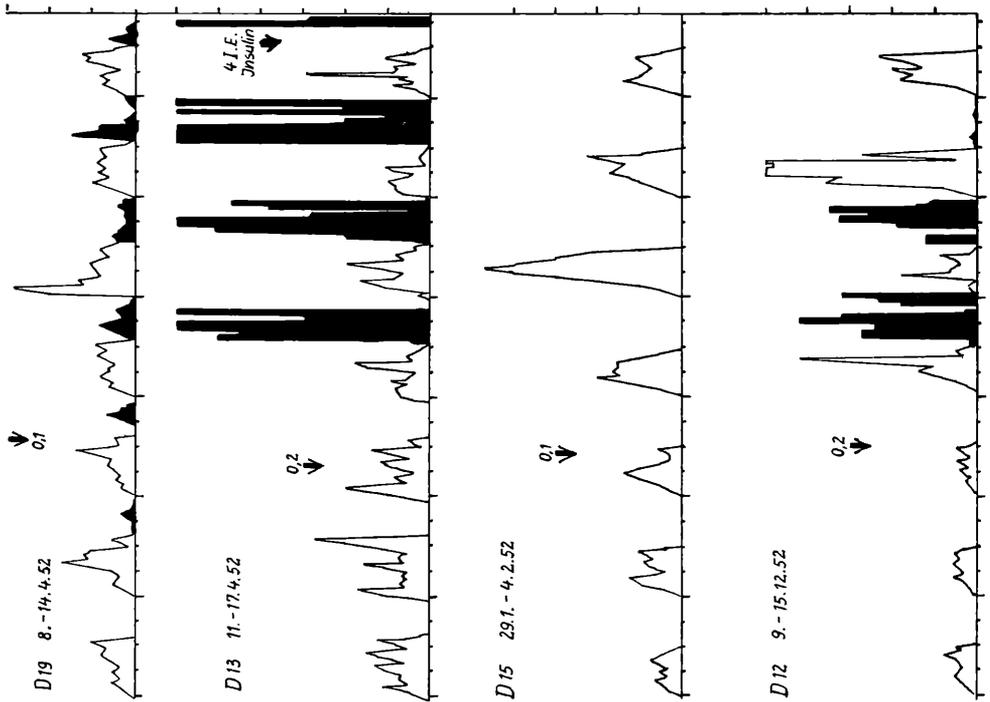


Abb. 1.

Grund dieser Messungen. So war die Ausgangslage bekannt und die durch die Behandlung verursachte Verhaltensänderung genau zu beurteilen. Die Injektionen erfolgten in den Brustmuskeln, wobei die Flüssigkeitsmenge im allgemeinen nicht mehr als 0,2 ccm betrug. Über längere Zeiträume fortlaufende Hormongaben vermied ich, da hierbei leicht unkontrollierbare Wirkungen über andere inkretorische Drüsen auftreten können. Regelmäßig durchgeführte Vergleichsinjektionen mit entsprechender Menge physiologischer Kochsalzlösung zeigten keinerlei Wirkung und werden daher für gewöhnlich im folgenden nicht mehr besonders erwähnt.

Herrn Professor GIERSBERG und der Deutschen Forschungsgemeinschaft bin ich für stete Unterstützung zu Dank verpflichtet. Einen großen Teil der Vögel stellte mir Herr Professor DROST, Vogelwarte Helgoland, freundlichst zur Verfügung. Der Firma C. F. Boehringer danke ich für das Methylthiouracil, den Farbwerken Höchst für das Insulin.

I. Auslösung der Zugunruhe durch Thyroxin

WAGNER (1930) gelang die Auslösung der Zugunruhe durch Verfütterung von Schilddrüsen und durch das Merksche Schilddrüsenpräparat Novothyral in den Monaten Juni und Juli sowie mit Einschränkungen im Dezember und Januar. PUTZIG (1938) erreichte mit 100 MsE thyreotropen Hormons verschiedene Wirkungen bei Rotkehlchen. Teils reagierten sie mit einer Erhöhung der Tagesaktivität, teils kamen sie in die Zugunruhe. Ab Mitte November und im Dezember blieb eine Wirkung aus. In den bis 1938 durchgeführten Untersuchungen kam ich zu dem Ergebnis, daß kleine Dosen Thyroxin „Roche“ (0,1—0,2 mg) und kleine Dosen thyreotropen Hormons (1,5—3,0 MsE), eventuell 2—3mal verabfolgt, die Zugunruhe auslösen können, wenn die Vögel in der Zugdisposition (hohes Körpergewicht!) sind. Zugauslösungen beobachtete ich besonders nach Beendigung der Herbstzugphase und vor Beginn des Frühjahrszuges. Größere Dosen Thyroxin (0,3 mg) hatten dagegen, ebenso wie große Dosen thyreotropen Hormons (90 MsE), eine entgegengesetzte Wirkung. Sie brachten vorhandene Zugunruhe zum Erlöschen und lösten oft Mausererscheinungen aus.

Ich prüfte nun erneut die Wirkung von Thyroxin mit zahlreichen über das ganze Jahr verteilten Injektionen. Thyreotropes Hormon stand mir nicht mehr zur Verfügung. Abb. 1 stellt an 4 Beispielen die wichtigsten Formen der Aktivitätsänderung bei Dorngrasmücken nach Thyroxin dar. D 19 weist schon Anfang März leichte Zugunruhe auf. Eine Injektion von 0,1 mg erhöht die gesamte Aktivität etwas und wirkt sich besonders auf die Motilität der zweiten, auf die Injektion folgenden Hellphase aus. Das Beispiel der D 13 zeigt die Hormonwirkung, wie sie in den meisten Fällen zu beobachten ist, wenn es dabei zur Auslösung der nächtlichen Unruhe kommt. Während die erste Nacht noch ruhig verläuft, setzt in der zweiten die Zugunruhe stark ein. Die Motilität der der Zugnacht vorausgehenden Hellphase sinkt deutlich ab. Ein entsprechendes Verhalten wird auch bei natürlichem Zugeinsatz deutlich (MERKEL 1956). Bei Injektionen, auf die keine Zugauslösung erfolgt (D 15), steigert sich die Aktivität der Hellphase. Die stärkste Erhöhung tritt am zweiten Tage auf. Am vierten Tage ist die Motilität wieder normal. Dorngrasmücken, die im Mittwinter ein hohes Gewicht aufweisen, zeigen oft eine sehr geringe Tagesaktivität. Nach der Injektion verläuft die erste Nacht ebenfalls ruhig; dann aber

Abb. 1. Beispiele für die je nach der Ausgangslage verschiedene Wirkung von Thyroxin auf die Motilität von Dorngrasmücken (*Sylvia communis*) und Rotkehlchen (*Erithacus rubecula*). — Diagramme von oben nach unten: 1. Verstärkung schwacher nächtlicher Unruhe und der Tagesaktivität. — 2. Vorzeitige Auslösung von Zugunruhe, die dann bestehen bleibt. — 3. Erhöhung der Tagesaktivität. — 4. Kurzfristige Auslösung von Zugunruhe. — Abszisse: Stunden bzw. Tage. Langer Teilstrich 6 Uhr; von Teilstrich zu Teilstrich = 6 Std. — Ordinate: Impulszahlen von Teilstrich zu Teilstrich = 1000/Std. — Pfeil: Zeitpunkt der Injektion.

Abb. 2. Diagramm 1 bis 3: 0,2 ccm Methylthiouracil in den Abendstunden verabreicht (Pfeil) bringt vorhandene Zugunruhe bei Dorngrasmücken (*Sylvia communis*) und Rotkehlchen (*Erithacus rubecula*) für eine Nacht zum Verlöschen. — Diagramm 4: Die Zugunruhe bleibt dennoch oft bestehen, wenn nämlich zusätzlich Thyroxin gegeben wird. — Diagramm 5: 0,1 ccm Methylthiouracil in den Mittagsstunden verabreicht senkt nur für kurze Zeit die Tagesaktivität. — Abszisse: Zeit. Ordinate: Von Teilstrich zu Teilstrich = 1000 Impulse/ $\frac{1}{2}$ Std.

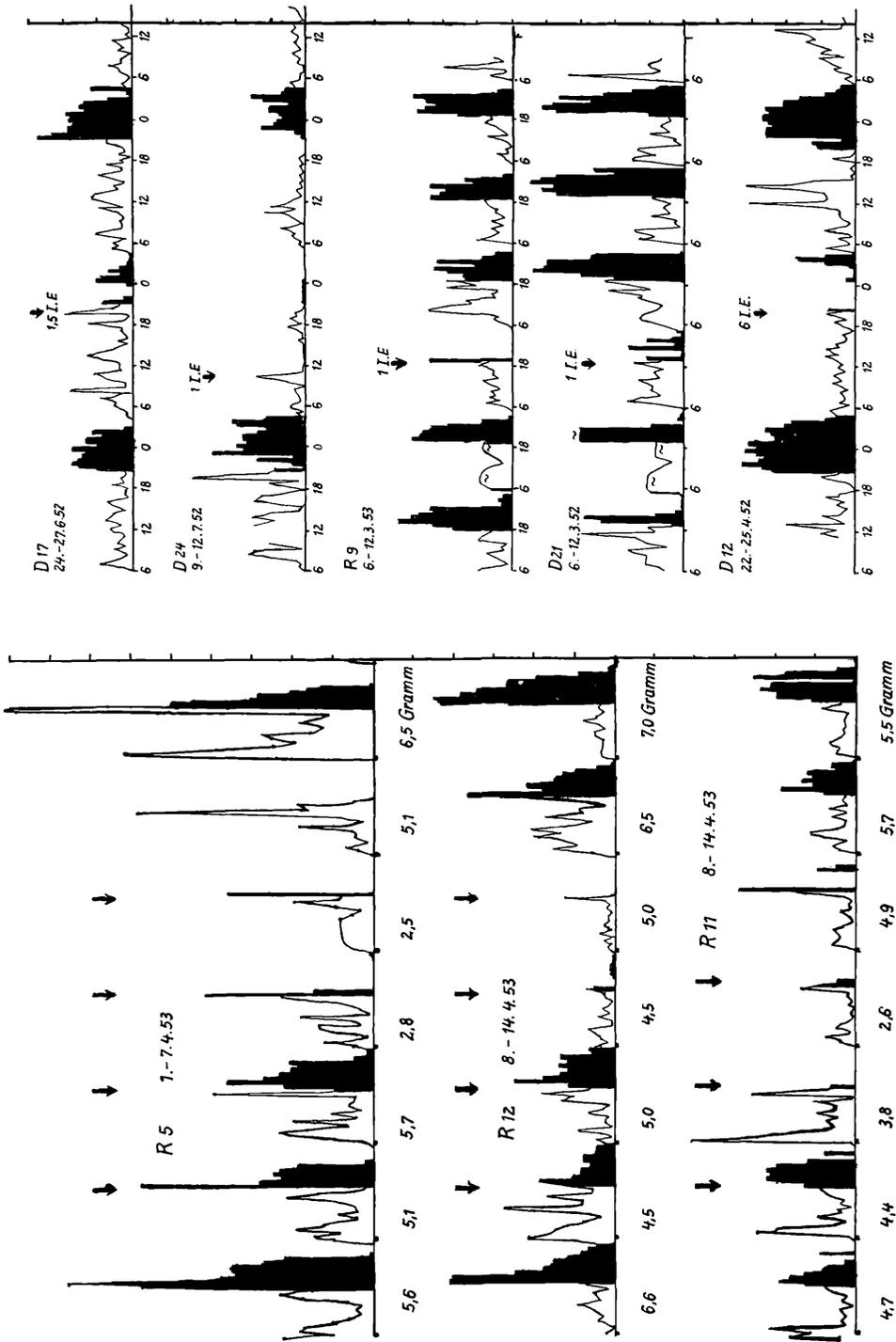


Abb. 4.

Abb. 3.

erhöht sich (D 12), im Gegensatz zu dem am Beispiel der D 13 geschilderten Verhalten, die Tagesaktivität erheblich. Die nächste Nacht bringt dann hohe Unruhewerte. In der folgenden Hellphase werden die Tiere merklich ruhiger, während sie die Nacht darauf noch stark ziehen. In der dritten auf die Injektion folgenden Hellphase steigt dann die Motilität stark an, und in der darauffolgenden Nacht kommt die Zugunruhe wieder nahezu zum Erlöschen. In der Folge gleichen sich die Verhältnisse allmählich der Ausgangslage an. Bei Dorngrasmücken, die sich durch geringe Tagesaktivität auszeichnen, wurde vor allem im Frühjahr diese Form des Zugesatzes auch bei normaler Auslösung beobachtet. Die Rotkehlchen reagieren auf 0,1—0,2 mg Thyroxin grundsätzlich ähnlich, doch wesentlich schwächer als die Dorngrasmücken.

Die Versuche bestätigen die schon 1938 für eine Zugauslösung durch Thyroxin als besonders günstig erkannten Jahreszeiten: Den Spätherbst (November bis Anfang Dezember) und das zeitige Frühjahr. In den Mittwintermonaten Dezember und Januar gelang die Auslösung der Zugunruhe (meist sind größere Dosen notwendig) nur bei einem Teil der Dorngrasmücken, und zwar solchen, die ein hohes Gewicht aufwiesen. Die anderen, die ihr Körpergewicht abgesenkt hatten, antworteten nur mit einer Erhöhung der Aktivität der Hellphase. Im Juli ließen sich bei noch schwach unruhigen Tieren zugsteigernde Wirkungen beobachten. Das Thyroxin erhöhte in dieser Zeit die gesamte Aktivität, die sich durch 0,1 mg um 60—100% steigern ließ. Kurz darauf endete in den meisten Fällen die Zugunruhe, während die Tagesaktivität noch lange hoch blieb.

Ich vermutete 1938, daß die Zugauslösung durch Thyroxin im wesentlichen auf einer Mobilisierung der Depotfette beruhe. Gasstoffwechseluntersuchungen zeigten, daß sich der Respiratorische Quotient zugunruhiger Vögel etwa auf den Wert für Fettverbrennung einstellt und sich nicht von dem schlafender Tiere unterscheidet (MERKEL 1954). SCHILDMACHER und RAUTENBERG (1952) erzielten mit täglichen Gaben von 0,2 mg Thyroxin eine Gewichtszunahme bei Finkenvögeln. Sie führten diese auf eine Erhöhung der Futteraufnahme zurück. Vielleicht umfaßt aber diese Erklärung nur einen Teil des Vorganges. ABELIN (1953) berichtete ebenfalls von einer Gewichtserhöhung nach Thyroxin. Sie kann eintreten, wenn eine bestimmte Menge Schilddrüsensubstanz, die bei einmaliger Verabfolgung das Gewicht herabsetzt, in mehreren kleinen Dosen in Abständen geboten wird. Die amerikanische Tierzucht machte schon versuchsweise davon Gebrauch. Man verfütterte thyroxinhaltige, künstlich jodierte Eiweißkörper an junge Schweine und erreichte bei 4—5% Futterersparnis die normalen Gewichtszunahmen. BENAZI und LENTATI (1934) stellten fest, daß Thyroxin beim Grünfinken (*Ch. chloris*) die Langerhansschen Inseln stimuliert, größere Dosen dann aber eine Degeneration bewirken.

Meine Versuchstiere reagierten besonders in den Wintermonaten auf stärkere Störungen (Gasstoffwechsellmessungen) (MERKEL 1956) mit einer Erhöhung der Tagesaktivität, die manchmal mehrere Tage anhielt, ja, es konnte sogar zu einer Auslösung der Zugunruhe kommen. Diese Beobachtungen schränken die Befunde nach Thyroxingaben bis zum gewissen Grade ein. Ich prüfte deshalb, ob die Zugunruhe durch Ausschaltung der Schilddrüse zum Erlöschen kommt.

Abb. 3. Zwei- oder mehrmalige 45-Minuten-Bestrahlung (Pfeil) mit der Ultra-Vitaluxlampe löscht bei Rotkehlchen (*Erithacus rubecula*) die Zugunruhe und senkt die Futteraufnahme (Zahlen in Gramm/Tag). — Abszisse: Von Teilstrich (6 Uhr) zu Teilstrich = 24 Std. — Ordinate: Von Teilstrich zu Teilstrich = 1000 Impulse/Std.

Abb. 4. Ausschaltung der Zugunruhe durch Depot-Insulin bei Dorngrasmücken (*Sylvia communis*) und Rotkehlchen (*Erithacus rubecula*). Pfeil: Zeitpunkt der Injektion (internationale Einheiten). Abszisse: Zeit. Ordinate: Von Teilstrich zu Teilstrich = 1000 Impulse/1 bzw. 1/2 Std.

II. Ausschaltung der Zugruhe

a) durch Methylthiouracil

Da bei der Empfindlichkeit der Kleinvögel und der Schwierigkeit sie zu beschaffen der Weg der Schilddrüsenektomie nicht beschritten werden konnte, bot sich die auch bei Vögeln in zahlreichen Arbeiten nachgeprüfte Wirkung von Methylthiouracil (MTU) an.

LEVER (1949) beobachtete, daß 50 mg MTU (pro die) eine deutlich histologisch erkennbare Wirkung auf die Schilddrüsenstruktur ausüben (Maximum nach 10—14 Tagen). DOMM & BLIVAIS (1948) stellen fest, daß während der MTU-Behandlung keine Mauser stattfindet, und daß die erzielte Wirkung derjenigen vergleichbar ist, die nach Thyreoidektomie auftritt. HAGEN & SCHÜRMEYER (1947) zeigen, daß Thiouracil und seine methylierten Abkömmlinge unmittelbar an der Schilddrüse angreifen und Hormonbildung verhindern. Durch Ausfall der Thyroxinbildung komme es zu einer verstärkten Sekretion von Thyreotropem Hormon, das nun die Schilddrüse zu vermehrter Tätigkeit veranlaßt. Nach BEZEM, LEVER & BRUNNEKREFT (1949) hat der Körper nach 24 Stunden 60—70% des verabfolgten MTU wieder ausgeschieden, und nach 96 Stunden ist praktisch nichts mehr im Organismus nachzuweisen.

Ich verwendete eine 5%-Lösung MTU. Erfolgte die Injektion in den Abendstunden, so verhielten sich nach einer Dosis von 0,2 ccm auch vorher stark zug-unruhige Tiere in der folgenden Nacht völlig ruhig (Abb. 2). In den nächsten Nächten zeigten die Tiere wieder starke Unruhe. In vielen Fällen schien es, als ob diese sogar im Vergleich zur Ausgangslage gesteigert wäre, obwohl immer die Tiere mit stärkster Zugruhe ausgewählt wurden. Dies könnte auf eine über den Hypophysenvorderlappen erfolgte Gegenregulation hindeuten. Die Wirkung von 0,1 ccm MTU hörte oft schon nach einigen Stunden auf. In den Mittagsstunden verabreichte Injektionen hatten keinen Einfluß auf die nächtliche Unruhe, setzten jedoch für die Dauer von 1—2 Stunden die Tagesaktivität herab. Vergleichsinjektionen mit 0,2 ccm physiologischer Kochsalzlösung blieben wirkungslos (Abb. 2).

Ich versuchte die Wirkung des MTU durch vorher oder gleichzeitig verabfolgtes Thyroxin abzuschwächen. 0,1 mg Thyroxin zusammen mit der sonst in allen Fällen Zugruhe löschenden Dosis von 0,2 ccm MTU führte in zahlreichen Fällen dazu, daß nach einer Unruheausschaltung von 1—3 Stunden zunächst wieder schwache Zugbewegungen einsetzten, die sich in der zweiten Nachthälfte immer mehr verstärkten. Normalerweise erreicht die Zugruhe das Maximum bis Mitternacht und baut sich in der Folge immer weiter ab. In Fällen, in denen nach der Behandlung die Zugruhe nicht auftrat, dürften sich die aufgenommenen Dosen nicht ausgeglichen haben (Abb. 2).

b) durch ultraviolettes Licht

КОТНЕ (1952, 1953) konnte den Nachweis erbringen, daß Bestrahlungen mit ultraviolettem Licht (Osram; Ultra-Vitaluxlampe — UVL), 30—60 Minuten verabfolgt, histologisch deutlich eine Desaktivierung der Schilddrüse bei Hühnchen und Mäusen bewirken. Auf Grund dieser Befunde und der Ergebnisse der MTU-Behandlung war zu prüfen, ob eine Bestrahlung mit der UVL bei Vögeln die Zugruhe zum Verlöschen bringt.

Eine tägliche Bestrahlung von 45 Minuten Dauer aus einer Entfernung von 1 m (wie bei КОТНЕ) führte dann auch bei Rotkehlchen mindestens nach der 4. Wiederholung zu einem Aussetzen der Zugruhe. Dorngrasmücken ließen sich schwerer beeinflussen, doch war auch bei ihnen eine beruhigende Wirkung nachweisbar. Möglicherweise ist der Unterschied in der Reaktion der beiden Arten auf ihre verschiedene Lebensweise zurückzuführen. Das Rotkehlchen ist als Waldbewohner einer Sonnenstrahlung weit weniger ausgesetzt als die Hecken bewohnende Dorngrasmücke.

19, 3]
1958]

F. W. Merkel, Künstliche Beeinflussung der Zug-Aktivität

179

Tabelle 1. Zugunruhe und Tagesaktivität nach 45 Minuten
Bestrahlung mit Quarzquecksilber-Hochdruckbrenner.Die Aktivität (Impulszahlen/Std.) der Hellzeit (5—20 Uhr) und der Dunkelzeit (20—5 Uhr) und die Futteraufnahme von Dorngrasmücken (*Sylvia communis*) und Rotkehlchen (*Erithacus rubecula*) vor und nach einer einmaligen 45-Minuten-Bestrahlung mit einem Quarzquecksilber-Hochdruckbrenner (2. Tag von 19.15—20 Uhr) im Juli 1952.

Zeit:	Rotkehlchen R 5					Rotkehlchen R 11				
	20. 4.	21. 4.	22. 4.	23. 4.	24. 4.	20. 4.	21. 4.	22. 4.	23. 4.	24. 4.
5—6	1403	1685	712	206	311	1884	1112	273	1094	466
6—7	1212	2318	505	482	1902	1468	1073	53	296	910
7—8	1453	4505	322	98	403	585	1460	31	41	904
8—9	2708	3444	30	136	522	610	1864	133	28	330
9—10	2556	1717	14	147	994	650	574	5	58	420
10—11	1932	681	25	127	454	830	419	1101	366	560
11—12	1357	107	19	49	1210	552	167	986	28	904
12—13	2246	502	1	143	799	1362	193	3	85	482
13—14	2776	1166	0	77	1242	606	876	0	5	64
14—15	1619	1640	18	206	748	182	362	3	46	157
15—16	1002	930	8	242	1709	192	234	25	103	593
16—17	1450	1152	4	114	1599	191	493	58	81	450
17—18	1499	1627	28	147	1159	397	538	50	240	260
18—19	2477	1054	484	392	3572	459	264	304	1166	230
19—20	3308	<u>Bstr.</u>	81	834	1796	1151	<u>Bstr.</u>	4	3312	270
20—21	6898	3576	538	1045	2960	2722	1183	160	1130	2185
21—22	4749	126	38	19	1687	1890	1503	0	0	1717
22—23	1777	730	50	11	3027	1496	1226	0	0	1007
23—24	2044	871	12	0	1461	1388	11	0	0	1880
0—1	2470	301	29	0	517	929	137	0	0	1200
1—2	1534	173	0	0	0	1374	0	0	0	180
2—3	140	155	0	0	0	923	0	0	0	30
3—4	66	277	0	0	0	1156	0	0	0	0
4—5	44	1424	0	0	0	10	0	0	0	0
Futter:	5,1 g	4,9 g	0,7 g	3,2 g	5,8 g	4,5 g	4,8 g	1,6 g	4,2 g	5,6 g

Zeit:	Dorngrasmücke D 29					Dorngrasmücke D 10				
	22. 4.	23. 4.	24. 4.	25. 4.	26. 4.	22. 4.	23. 4.	24. 4.	25. 4.	26. 4.
5—6	378	840	1004	0	49	1884	1107	190	18	1077
6—7	1256	754	1335	0	869	2210	1489	931	239	2649
7—8	857	1035	1125	0	289	2140	623	497	2663	2167
8—9	1899	1067	871	0	157	1130	695	1513	4170	2316
9—10	1615	1381	1345	0	658	1145	1319	1421	2970	2193
10—11	1675	1705	1544	0	723	1605	2486	388	4126	1956
11—12	1210	1429	1477	122	743	1533	1899	410	2731	1740
12—13	1101	1034	1348		749	1198	1216	941	3667	1284
13—14	887	604	560		360	1849	1911	21		5155
14—15	968	1372	165		924	2326	3111	630		3946
15—16	1185	819	28	76	737	2773	1000	10	8036	2067
16—17	540	1341	500		2539	901	1591	2455		3433
17—18	796	330	780		518	810	1338	44		1245
18—19	152	100	604		905	1091	1001	0		1471
19—20	36	<u>Bstr.</u>	509	48	556	953	<u>Bstr.</u>	260	1160	110
20—21	4946	1294	143	25	56	1547	782	753	1120	1591
21—22	6120	4665	0	0	0	3400	578	0	2350	
22—23	5480	6071	0	0	0	1450	1250	0	3920	
23—24	5465	4568	0	0	0	2525	1499	0	2520	7827
0—1	3819	3795	0	0	0	2697	1604	0	1894	
1—2	3131	4801	0	0	0	4967	1662	0	996	
2—3	1922	2040	0	0	0	1465	719	0	110	
3—4	0	1484	0	0	0	0	9738	0	0	72
4—5	22	1342	0	0	0	0	1328	0	0	?
Futter:	6,9 g	6,3 g	1,1 g	1,4 g	5,6 g	5,9 g	5,8 g	2,1 g	4,7 g	5,6 g

Die Wirksamkeit der UVL ist je nach der Ausgangslage der Tiere verschieden. Zwischen Frühjahr- und Herbstzugphase ließen sich grundsätzlich keine Unterschiede feststellen, doch traten solche im Verlauf der einzelnen Zugphasen auf. Kurz nach Einsatz der Zugruhe und kurz vor dem Übergang in die Ruhephase gelang eine Ausschaltung der Unruhe leichter als während ihrer Hauptentfaltung. So waren bei den Rotkehlchen im April 3—4malige Bestrahlungen notwendig, während im Mai meist schon eine einzige zum Ziele führte. Im Spätherbst beendete eine einmalige Bestrahlung die nächtliche Unruhe sogar bei Dorngrasmücken. Häufig drückte eine mehrmalige Bestrahlung auch die Tagesaktivität bei Rotkehlchen herab (Abb. 3).

КОТНЕ (1953) stellte an Hühnchen fest, daß das Schilddrüsenepithel nach Bestrahlung mit der Hanauer Quarzlampe S 300 niedriger wurde als nach UVL oder kombinierter Bestrahlung der S 300 mit der Sollux-Lampe. Ich benutzte einen Quarzquecksilber-Hochdruckbrenner (Osram, etwa 80 W Energieaufnahme), der mit der S 300 vergleichbar ist, und bestrahlte aus 50—60 cm Entfernung. Sowohl die Zugruhe als auch die Tagesaktivität wurden stärker beeinflusst. Während des Höhepunktes der Frühjahrzugphase führte bereits eine einmalige abendliche Bestrahlung zur Ausschaltung der Zugruhe. In der ersten Nacht erfolgte für gewöhnlich eine deutliche Absenkung der Aktivität. Am nächsten Tage fraßen die Tiere nur sehr wenig, und die Bewegungen sanken vor allem in den Mittags- und Nachmittagsstunden stark ab. Die darauffolgende Nacht verlief in den meisten Fällen vollkommen ruhig. Auch am zweiten Tage blieb die Tagesaktivität bei verminderter Futteraufnahme mit geringen Ausnahmen noch abgesenkt.

Wie Tab. 1 zeigt, ist die Futterabsenkung außerordentlich charakteristisch. Werden die Vögel an zwei aufeinanderfolgenden Tagen bestrahlt, so fressen sie, ohne Schaden zu nehmen, zwei Tage lang kaum. Unter normalen Umständen würde eine solch geringe Futteraufnahme sicherlich zum Tode führen. Auch nach Bestrahlungen mit der UVL tritt eine deutliche, wenn auch nicht so starke Absenkung des Futterbedarfes auf. Auch hier fällt sie auf den Tag, der der Nacht vorausgeht, in der die Zugruhe verlöscht.

Auf die mit dem Hg-Brenner durchgeführten Bestrahlungen reagierten die Dorngrasmücken genau so empfindlich wie die Rotkehlchen. Die Versuche verliefen recht einheitlich. Nur eine Dorngrasmücke verhielt sich grundsätzlich anders. Dieses Tier (D 12) zeichnete sich bei intensivem Zug schon vorher durch abnorm niedrige Aktivitätswerte während der Hellphase aus (S. 177 und S. 184). Im Gegensatz zu den anderen Tieren verstärkte sich die Aktivität der Hellphase und auch die Zugruhe in der zweiten auf die Bestrahlung folgenden Nacht. Augenscheinlich hatte die UV-Bestrahlung bei diesem Tier mit seiner von der Norm abweichenden Tonuslage eine normalisierende, einregulierende Wirkung, wie sie HANKE (1952) beschreibt.

Die mitgeteilten Ergebnisse machen es wahrscheinlich, daß die Schilddrüse ein wichtiges Stellglied in einem Regulationssystem des Zugvogels darstellt, das zweimal im Jahre eine Einstellung durchläuft, die zum Auftreten der Zugruhe führt. In der Winterruheperiode der gekäfigten Dorngrasmücken und Rotkehlchen ist die Schilddrüse, wie erneute histologische Untersuchungen bestätigten, inaktiv mit niedrigem Epithel und Speicherkolloid. Während der Sommerruheperiode, besonders in der Zeit der Mauser, erreicht sie die höchste Jahresaktivität. Auch die neuen Befunde über die Ausschaltungsmöglichkeiten der Zugruhe lassen sich mit dem histologisch erschlossenen Schilddrüsenrhythmus in Verbindung bringen.

BIGALKE (1956) untersuchte Schilddrüse und Körpergewicht im Jahresablauf von Arten, die im Raume Frankfurt am Main das ganze Jahr über anzutreffen sind. Im Winter war es leider nicht möglich zu entscheiden, ob es sich bei den untersuchten Tieren um Standvögel oder Wintergäste handelte. Die einzelnen Arten ver-

hielten sich verschieden. Die extremsten Verhältnisse fand er bei Amsel (*Turdus merula*) und Kohlmeise (*Parus major*). Bei der Amsel zeigten die beiden Faktoren einen ausgeprägten Jahresrhythmus: Hohes Körpergewicht und inaktive Schilddrüse im Winter, niedriges Körpergewicht bei aktiver Schilddrüse im Sommer. Bei der Kohlmeise fehlte dagegen diese Periodik.

III. Die Wirkung von Insulin

Auf Grund der wiedergegebenen Befunde lag es nahe, die Wirkung von Insulin zu untersuchen. 1938 durchgeführte Insulininjektionen hatten zu keinen beobachteten Verhaltensänderungen der Tiere geführt. Auch Purzig (1939) berichtet über wirkungslos verlaufende Injektionen von Insulin. 1951 erneut verabfolgte Gaben von Depotinsulin Hoechst „Klar“ führten jedoch zu eindeutigen Ergebnissen. Es stellte sich heraus, daß der Mißerfolg der früheren Versuche augenscheinlich auf Unterdosierung beruhte, bzw. daß die damalige nur nachts durchgeführte, summarische Aktivitätsmessung die Wirkung der in den Vormittagsstunden verabreichten Insulingaben nicht erkennen ließ.

1 bis 1½ Einheiten Insulin löschen in jedem Falle in der darauffolgenden Nacht die Zugunruhe bei Rotkehlchen und Dorngrasmücken, wenn sie in den Mittags- bzw. Nachmittagsstunden verabfolgt werden. Die Wirkung setzt nach 1 bis 2 Stunden ein. Sie kann die ganze Nacht anhalten oder in anderen Fällen nur in den ersten Nachtstunden auftreten. Abb. 4 gibt dafür eine Reihe von Beispielen. Bei Insulingaben in den Mittagsstunden (D 24) beobachtete ich oft schon am Nachmittag eine erhebliche Absenkung der Motilität. Ich möchte diesen Befund mit der bekannten, Blutzucker absenkenden Wirkung des Insulins in Verbindung bringen, obwohl dies nicht durch Blutzuckerbestimmungen erhärtet werden konnte, da zu wenig Versuchstiere zur Verfügung standen.

Bei stärkerer Dosierung löste Insulin außerdem eine Spätwirkung aus, deren Deutung im einzelnen Schwierigkeiten bereitet. Sie ist aber insofern von Interesse, als sie nicht ohne weiteres mit einem hypoglykämischen Schock identifiziert werden kann. Die Größe der Insulindosis, nach der die Spätwirkung einsetzt, läßt sich nicht genau voraussagen, da die durch Jahreszeit und individuelle Veranlagung bedingte Ausgangslage der Versuchstiere von großem Einfluß ist. Auch spielt die Tageszeit der Injektion eine Rolle. Die Anfangsreaktionen nach solchen „höheren“ Dosen gleichen zunächst denen nach kleinen. Am Tage kann die Aktivität bereits etwas absinken, und in der folgenden Nacht bleibt die Zugunruhe aus. Am nächsten Vormittage ist der Bewegungsverlauf der Tiere fast normal. Dann macht sich aber in den Mittagsstunden in zunehmendem Maße eine Desaktivierung bemerkbar. Die Tiere verlassen meist ihre Sitzstange, setzen sich in eine möglichst dunkle Käfigecke und schlafen dort schließlich mit aufgeplusterten Federn sehr tief. Als ich dies zum ersten Male beobachtete, hielt ich die Vögel für schwer krank. Nach einem Berührungszusatz wachten sie jedoch auf. Ihre klaren Augen und das sogleich gestraffte Gefieder ließen sie wieder normal erscheinen, zumal sie wie gewöhnlich von Stange zu Stange sprangen. Störte man sie nicht weiter, so suchten sie bald wieder ihre Käfigecke auf und verfielen erneut in Schlaf. Das Aussehen solcher Tiere erinnerte an das von Frühjahrsfrischfängen, die manchmal in den ersten Tagen der Gefangenschaft, solange sie noch nicht normal fressen, ein ganz ähnliches Verhalten zeigen. Während nun die große Unbeweglichkeit in der Hellphase einige Tage anhielt und die Tiere immer wieder fest schlafend angetroffen wurden, setzte die Zugunruhe schon in der zweiten Nacht nach der Injektion wieder ein und erreichte nach kurzer Zeit die Ausgangshöhe (Abb. 5).

Eine weitere Folge der Injektionen, vor allem nach größeren Dosen, war eine Absenkung oder das völlige Aussetzen der Futteraufnahme am nächsten Tage.

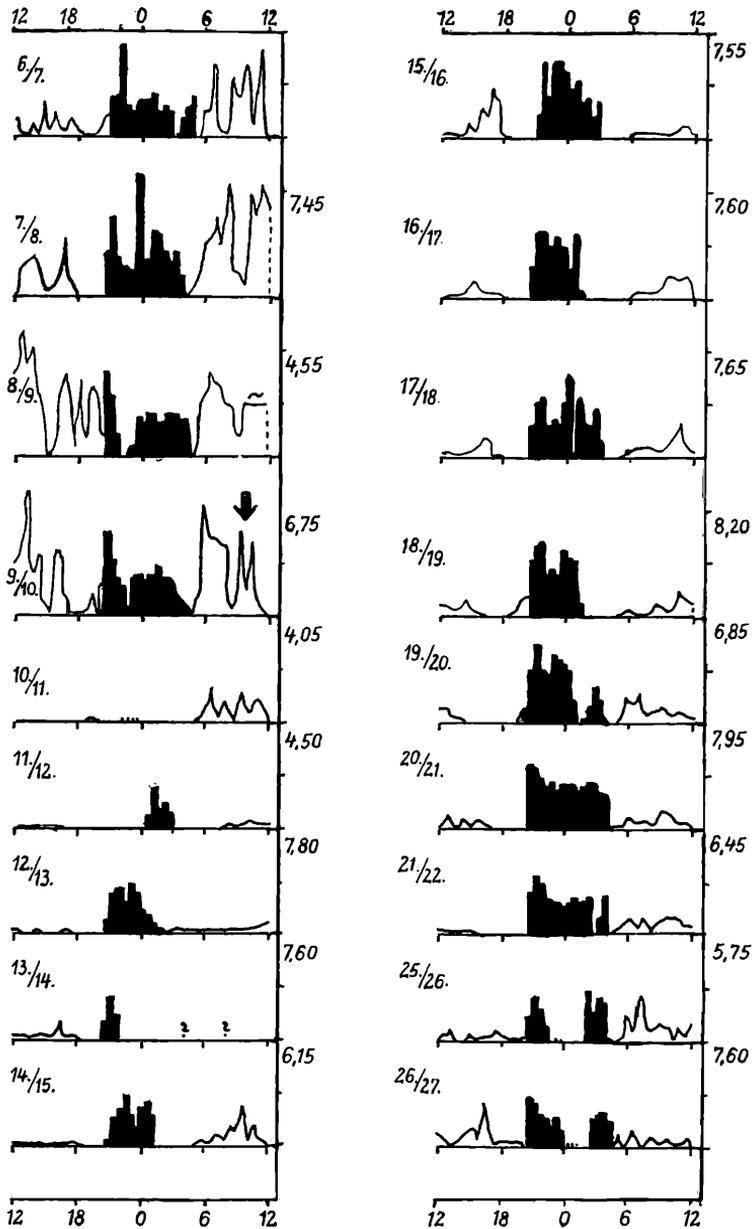


Abb. 5.

Abb. 5. Motorische Aktivität und Futteraufnahme (Zahlen in Gramm/Tag) von Dorngrasmücke (*Sylvia communis*) D 25 vor und nach Behandlung mit einer internationalen Einheit Depot-Insulin im Juli 1952. Körpergewicht am 6. 7.: 14,80 g; am 20. 7.: 15,17 g; am 26. 7.: 14,80 g.
— Abszisse: Zeit. — Ordinate: Von Teilstrich zu Teilstrich = 1000 Impulse/ $\frac{1}{2}$ Std.

Ähnlich wie die Zugunruhe normalisierte sich diese verhältnismäßig schnell. Die Vögel saßen während der Hellphase sehr häufig im Futterhaus, schliefen und fraßen abwechselnd, wobei die aufgenommene Futtermenge sich auf den Ausgangswert einstellte.

Die Körpertemperatur sinkt nach Insulin deutlich ab. Bei normaler Zimmertemperatur lagen die tiefsten Kloakaltemperaturen bei 36°C , was einem Abfall von $6\text{--}7^{\circ}$ entspricht. Schon kleine Mengen des Hormons (0,5 E), die sonst kaum merkbare Wirkungen hatten, senkten die Temperaturen. Nachts wurden 38° gemessen, während Vergleichstiere entsprechend der tagesrhythmischen Temperaturbewegung 40° aufwiesen.

Traubenzucker aktiviert die Vögel vorübergehend. Dabei kann es sogar zu sehr hohen Bewegungswerten kommen. Nach Verabfolgung von 4 E. Insulin am 20. 5. 52 (13 h 30') zeigte z. B. D 17 am nächsten Tage ab 11 Uhr die übliche Desaktivierung verlor jede Scheu und setzte sich zum Schlafen in eine Ecke. Nach einer Injektion von 0,2 ccm 25% Traubenzuckerlösung um 11 h 45' wurde der Vogel um 12 Uhr stark unruhig. Er sprang aufgeregt von Stange zu Stange, vibrierte mit den Flügeln und hüpfte von Zeit zu Zeit mit nach hinten gelegtem Kopf und nach oben gerichtetem Schnabel gegen die Käfigdecke. Die ganze Art der Bewegung glich auffällig der eines zugunruhigen Tieres während der Dunkelphase. Gegen 13 Uhr wurde die Dorngrasmücke wieder apathisch und schlief ein. Erst am nächsten Nachmittage begann sie wieder zu fressen. In der ersten Hälfte der folgenden Nacht zeigte sich Zugunruhe. Traubenzucker-Injektionen bei zugunruhigen Vögeln haben keine nennenswerte Wirkung. Die vielleicht kurzfristig etwas erhöhte Aktivität läßt sich nicht eindeutig abgrenzen.

Die Insulinspätwirkung sei hier noch am Beispiel einer Dorngrasmücke geschildert, bei der 8 E. die dauerhafteste Wirkung hervorriefen. D 12 gehörte zu den Dorngrasmücken, die den ganzen Winter über ein sehr hohes Körpergewicht aufwiesen.

27. 11. 51: Der stark zugunruhige Vogel erhält um 21 h 0,2 ccm = 8 E. Depotinsulin. Die Zugunruhe endet um 21 h 30' und betrug bis zu diesem Zeitpunkte 4570 Impulse (in der vorausgehenden Nacht 11 330 Bewegungen). Ab 21 h 30' nur noch 25 Kontakte.

28. 11. 51: Der Vogel verhält sich in den Morgenstunden normal, senkt aber seine Aktivität im Verlaufe des Tages immer mehr ab. Tagessumme 2485, am Vortage 9570. Futterverbrauch nur 2 g (Normalverbrauch 8 g).

29. 11. 51: In der Nacht zu diesem Tage keine Bewegung. Der Vogel schläft in den Morgenstunden in einer Ecke. Bei Berührung wacht er auf, springt einige Male umher, hält sich aber nicht lange auf der Sitzstange. Im Gegensatz zu einem kranken Vogel zeigt er klare Augen wie ein gesundes Tier. D 12 wird in einem kleinen Bauer weiter beobachtet. Um 16 h 0,3 ccm 10% Traubenzuckerlösung, die keine Wirkung hat. Keine Futteraufnahme!

30. 11. 51: Der zunächst für tot gehaltene Vogel wird bei Berührung wieder munter. Klare Augen! Um 10 h 0,3 ccm 10% Traubenzuckerlösung. Der Vogel wird in der Folgezeit glatter, setzt sich bei Störung schon wieder kurz auf die Sitzstange, um dann bald auf dem Boden weiterzuschlafen. Um 16 h und um 17 h je 0,3 ccm 10% Traubenzuckerlösung. Kloakale Temperatur um 10 h 37°C (nach längerem Halten in der Hand 38°). Um 16 h werden 39° gemessen. Keine Futter- oder Wasseraufnahme!

1. 12. 51: Der Vogel sitzt um 9 h relativ munter auf seiner Stange, reagiert gut und springt schon im Bauer umher. Um 10 h erstmalig Wasseraufnahme! Von den bereitgestellten Mehlwürmern hat er aber noch keinen gefressen. Fühlt sich der Vogel unbeobachtet, schläft er bald wieder am Boden. Temperatur um 12 h $40,5^{\circ}$. Um 13 h frißt D 12 zum ersten Male seit den Morgenstunden des 28. 11. einen Mehlwurm. Außer den Traubenzuckerinjektionen hat also knapp 80 Stunden lang keine Nahrungsaufnahme stattgefunden. Das Körpergewicht beträgt 16,70 g gegenüber 21 g am 25. 11. (letzte Wägung!). Im Verlaufe dieses Tages werden drei weitere Mehlwürmer gefressen.

2. 12. 51: D 12 springt im Beobachtungsbauer umher, trägt sich aber noch immer nicht vollkommen glatt. Um 13 h wird der Vogel in seinen Registrierkäfig zurückgebracht. Von 13 bis 15 h 417 Bewegungen, bis zum Einsatz der Dunkelheit nur noch 25. Die Nacht verläuft ganz ruhig. Futterverbrauch 0,5 g!

3. 12. 51: Tagesaktivität 7680 Impulse; Futterverbrauch 5,8 g. In der Nacht leichte Zugunruhe. Gesamtzahl der nächtlichen Impulse 630, davon 556 von 22 bis 23 h.

In den folgenden Tagen sinkt die Aktivität der Hellphase wieder ab. Nächtliche Aktivität von Bedeutung wird nicht festgestellt.

Am 9. 2. 52 verursachten 2 E. Insulin nur eine kurze Bewegungsabsenkung. Abb. 4 zeigt das Verhalten nach 6 E. am 23. 4. 52. Am 16. 5. 52 trat nach 8 E. nur eine sehr kurze Wirkung am Tage auf, und in der darauffolgenden Nacht hielt sogar die starke Zugruhe an. Bei den im folgenden Jahr durchgeführten UV-Bestrahlungen (S. 180) verhielt sich D 12 abweichend von der Norm.

Spätwirkungen nach Insulininjektionen wurden außer bei Dorngrasmücken nur bei einer Garten- und einer Mönchsgrasmücke (*Sylvia borin*, *S. atricapilla*) beobachtet. Bei den Rotkehlchen ließ sich zwar die Zugruhe immer ausschalten, eine Spätwirkung konnte jedoch bei Dosierungen, bei denen sie bei Grasmücken auftrat, nicht erzielt werden. Zwei Hausrotschwänze (*Phoenicurus ochruros*) reagierten etwas stärker als die Rotkehlchen. Für die Insulinversuche verwendete ich 17 Dorngrasmücken, 1 Mönchs- und 1 Gartengrasmücke sowie 3 Rotkehlchen und 2 Hausrotschwänze. Ein Teil der Vögel wurde mehrmals im Laufe des Jahres herangezogen. Die stärksten Wirkungen scheinen in den Wintermonaten aufzutreten. 2 Dorngrasmücken und 1 Gartengrasmücke starben während der Versuche.

Insulindosen, die die Spätwirkung nach sich zogen, sind sicher unphysiologisch. Die Aktivierung nach Traubenzucker zeigt, daß es sich dabei um einen hypoglykämischen Zustand handelt. Krampferscheinungen, wie sie beim hypoglykämischen Schock bei Säugern regelmäßig auftreten, wurden sehr selten beobachtet. Da es nicht sehr wahrscheinlich ist, daß das zugeführte Insulin als solches so langdauernde Wirkungen ausübt, muß es weiteren Arbeiten überlassen bleiben, zu klären, welche Veränderungen im inkretorischen bzw. nervösen System hierfür verantwortlich sind.

Vergleichbar sind die Befunde wohl mit dem durch Insulin von SUOMALAINEN (1943) bei Igel in Sommer ausgelösten „Winterschlaf“. Erinnerung wird man auch an die durch Hunger und Kälte ausgelösten Schlafzustände bei Schwalben, Seglern und Kolibris. Viele Einzelheiten des dort beobachteten Verhaltens (LORENZ 1932), wie das aufgeplusterte Gefieder, Verlust der Fluchtreaktion und der Drang, sich in dunklen Ecken zu verkriechen, finden sich auch bei den „Insulinvögeln“.

Die bei Säugern im hypoglykämischen Schock immer wieder beobachtete Freßgier findet sich wenigstens im Anfangsstadium bei den Dorngrasmücken nicht. Später fraßen allerdings die Tiere stark und erreichten zum mindesten die Ausgangswerte, obwohl die Tagesaktivität stark abgesenkt war.

Z u s a m m e n f a s s e n d möchte ich drei Ergebnisse hervorheben:

1. Die Zugruhe läßt sich mit Insulin löschen. Dies kann mit einer einfachen Blutzuckerabsenkung in Zusammenhang gebracht werden.
2. Eine auftretende Spätwirkung kommt, gleich wann das Insulin verabfolgt wurde, immer erst voll in den auf die Injektion folgenden Mittags- und Nachmittagsstunden zur Geltung. Sie fällt damit zeitlich mit der natürlichen Aktivitätsminderung zusammen, wie sie bei den Vögeln vor und während der Zugphasen beobachtet wurde (MERKEL 1956).
3. Die Aktivität der Hellphase bleibt bei Dorngrasmücken nach Insulin sehr lange herabgesetzt, während die Zugruhe meist schon in der zweiten Nacht normale Ausmaße erreicht. Demnach muß durch das Insulin ein die Tagesaktivität dämpfender Faktor aktiviert werden, der die Zugruhe unbeeinflusst läßt.

IV. Zugauslösung durch DOCA

Injektionen von 0,2 ccm Desoxycorticosteronazetat (Cortiron-Schering) hatten im Dezember nach 2—3maliger täglicher Wiederholung bei Rotkehlchen und Dorngrasmücken eine Absenkung der Futteraufnahme und in etwa der Hälfte der Fälle eine Auslösung der Zugruhe für 3 bis 4 Nächte zur Folge. Die Versuche konnten nicht erweitert werden und seien hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

Zusammenfassung

Die Befunde, daß kleine Dosen Thyroxin die Zugunruhe bei Dorngrasmücken und Rotkehlchen auslösen können, werden bestätigt.

Der hierfür günstigste Zeitpunkt liegt nach Beendigung der Herbstzugphase und vor dem natürlichen Einsatz der Frühjahrszugunruhe. Bei Dorngrasmücken mit hohem Körpergewicht gelingt die Auslösung auch im Mittwinter. Die Motilität bei der künstlichen Zugauslösung entspricht der bei natürlichem Zugeinsatz.

Durch Mittel, welche die Schilddrüsenwirksamkeit herabsetzen, läßt sich die nächtliche Aktivität ausschalten. Eine Dosis von 0,2 ccm einer 5% Methylthiouracilösung löscht in jedem Falle die Unruhe. UV-Bestrahlung mit einem Quarz-Quecksilberbrenner führt bei beiden Arten zum gleichen Ergebnis. Bestrahlungen mit der Ultra-Vita-Lux dagegen wirken vor allem bei Dorngrasmücken schwächer, insbesondere während der Höhepunkte der Zugphasen.

Die Befunde machen es wahrscheinlich, daß die Schilddrüse ein wichtiges Stellglied im Regulationssystem der Versuchstiere ist, das die Zugphasen auslöst.

Kleinere Dosen Insulin löschen ebenfalls die Zugunruhe. Der zeitliche Wirkungsverlauf spricht dafür, daß dies mit der Blutzuckersenkung in Zusammenhang steht.

Nach größeren Dosen kann es zusätzlich zu einer „Spätwirkung“ kommen. In den Mittagsstunden des auf die Injektion folgenden Tages setzt eine allgemeine Desaktivierung der Tiere ein. Bei Dorngrasmücken kann dies zu einem Verhalten führen, das an die bei Kolibris, Schwalben und anderen Arten beobachtete Starre nach Hunger und Kälte erinnert. Dieser Zustand ist durch Traubenzucker zu unterbrechen. Während die nächtliche Unruhe verhältnismäßig früh wieder einsetzt, bleibt die Tagesaktivität oft lange abgesenkt.

Schriftenverzeichnis

- ABELIN, I.: Thyroxinabwehr. *Klin. Wschr.* 31. 7/8, 1953, 145—149. — BENAZI-LENTATI, G.: Isole del Langerhans e glicogenesi epatica nell'ipertiroidizzazione. *Riv. Biol. Firenze.* vol. 16, 1934, 237—244. — BEZEM, J. J., LEVER, J., and BRUNNEKREFT, F.: Absorptie en Uitscheidung van oral toegediend radioactief methylthiouracil bij hanen. *Het Landbouwkundig Tijdschr.* 61. 12. XII. 1949, 905—912. — BIGALKE, R.: Über die zyklischen Veränderungen der Schilddrüse und des Körpergewichtes bei einigen Singvögeln im Jahresablauf. Inaugural-Dissertation. Frankfurt (Main) 1956. — DOMM, L. v., and BLIVAISS, BEN. B.: Plumage and other sex characters in thiouracil-treated BROWN Leghorn fowl. *Amer. J. Anat.* 82. 1948, 167—201. — HAGEN, J., and SCHÜRMEYER, A.: Die Behandlung der Hyperthyreosen mit Methylthiouracil. *Med. Klinik*, 42. 1947, 847—853. — HANKE, W.: Die Beeinflussung der Tonuslage des vegetativen Systems durch Bestrahlung mit ultraviolettem Licht. I. „Strahlentherapie“, 89. Heft 3, 1952, 356—372. — KOTHE, E.: Die Wirkung der optischen Strahlung, insbesondere des Ultravioletten, auf die Schilddrüse von Hühnchen und Mäusen. Inaug.-Dissertation. Frankfurt (Main) 1952. — Ders.: Strahlung und Stoffwechsel. VII. Die Wirkung der optischen Strahlung, insbesondere des Ultravioletten auf die Schilddrüse von Hühnchen und Mäusen. „Strahlentherapie“ Bd. 91, Heft 4, 1953, 617—628. — LEVER, J.: De invloed van methylthiouracil op de histologische structuur van de hanenschilddrüse. *Het Landbouwkundig Tijdschr.* 61/12, 1949, 893—898. — LORENZ, K.: Beobachtungen an Schwalben anlässlich der Zugkatastrophe im September 1931. *Vogelzug* 3, 1932, 4—10. — MERKEL, F. W.: Zur Physiologie der Zugunruhe bei Vögeln. *Ber. Ver. Schles. Orn.* 23, Sonderh. 1938, 1—72. — Ders.: Zur Physiologie des Zugvogels. Vortragsreferat. *J. Orn.* 95, 1954, 206—207. — Ders.: Untersuchungen über tages- und jahresperiodische Aktivitätsänderungen bei gekäfigten Zugvögeln. *Z. Tierpsychol.* 13, Heft 2, 1956, 278—301. — PUTZIG, P.: Beiträge zur Stoffwechselphysiologie des Zugvogels. I. *Vogelzug* 10, 3/4, 1939, 139—154. — SUOMALAINEN, P.: Über die Physiologie des Winterschlafes. *SB. Finn. Akad. Wiss.* 1943, 163—179.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Vogelwarte - Zeitschrift für Vogelkunde](#)

Jahr/Year: 1957/58

Band/Volume: [19_1957](#)

Autor(en)/Author(s): Merkel Friedrich Wilhelm

Artikel/Article: [Untersuchungen zur künstlichen Beeinflussung der Aktivität gekäfigter Zugvögel 173-185](#)