

Der Ornithologische Beobachter

Monatsberichte für Vogelkunde und Vogelschutz

Offizielles Organ der ALA Schweizer. Gesellschaft für Vogelkunde und Vogelschutz

Organe officiel de l'ALA Société suisse pour l'étude des oiseaux et leur protection

Zur Ernährungsbiologie der Mehlschwalbe, *Delichon urbica*: Quantitative Untersuchungen am Nestlingsfutter

von KURT VON GUNTEN, Hilterfingen,

und FRITZ H. SCHWARZENBACH, Wädenswil

In einer früheren Arbeit wurde die qualitative Zusammensetzung der Mehlschwalbennahrung in unserem Beobachtungsgebiet, dem Dörfchen Merligen am Thunersee, geschildert (V. GUNTEN, 1961). Wir wenden uns nun in der vorliegenden Studie den mengenmässigen Fragen zu und möchten dabei zugleich den Leser in die Probleme der Bearbeitung von Zahlenmaterial einführen.

Erfahrungsgemäss bereitet dem Ornithologen die Auswertung seiner Beobachtungen recht oft erhebliche Schwierigkeiten, wenn es sich darum handelt, bei verwickelten Problemstellungen versteckte Beziehungen aufzudecken oder vermutete Zusammenhänge eindeutig zu belegen. Um dieser Schwierigkeiten Herr zu werden, stehen heute dem Biologen die Methoden der mathematischen Statistik zur Verfügung. Einer Sonde gleich erlaubt die Biometrie, Beobachtungen nach allen Richtungen auszuloten und Vermutungen nach klaren Richtlinien auf ihre Stichhaltigkeit zu prüfen.

Leider schrecken die biometrischen Verfahren mit ihrer Formelsprache und ihrer mathematisch anspruchsvollen Theorie den Biologen im allgemeinen ab. Zu Unrecht, wenn man sieht, wie wirksam die Verfahren bei der Lösung biologischer Fragestellungen eingesetzt werden können.

Am Beispiel unseres Beobachtungsmaterials über die Fütterung von Mehlschwalbenbruten lässt sich zeigen, wie durch konsequente Anwendung biometrischer Verfahren das praktisch wichtige Problem der Futterschätzung einer Lösung entgegengeführt werden kann, und wie sich im Laufe der Bearbeitung unerwartete Nebenefunde ergeben. Wir befassen uns zunächst mit der Ableitung einer Methode, die eine zuverlässige Schätzung der von den Altvögeln eingetragenen Futtermenge ermöglicht. Aus dieser ergibt sich, welche Beobachtungsdaten als Unterlagen für eine solche Schätzung am besten geeignet sind, und wie die weiteren Untersuchungen geplant werden müssen, um die während der Aufzuchtzeit verabreichte Futtermenge ermitteln zu können. Die methodischen Voraussetzungen für die Durchführung dieser letzteren Aufgabe zu schaffen, ist das Ziel der vorliegenden Studie.

Beobachtungen über die Fütterung der Nestlinge

von KURT VON GUNTEN

Die Grundlage für die spätere Auswertung bildet die Zusammenstellung des Zahlenmaterials, das wir uns in vielen Einzelbeobachtungen aufgeschrieben haben. Bei der fütternden Mehlschwalbe bieten sich solche in Zahlen fassbare Daten einmal in der Anzahl der Fütterungen und dann in den messbaren Eigenschaften der Futterballen, wie Gewicht, Zahl der Beutetiere und Sammelzeit. Dieses Zahlenmaterial soll nun vorgelegt werden, jedoch nicht vollständig, da es zu umfangreich ist, sondern nur so weit, als es zur Ableitung des Verfahrens zur Schätzung der Futtermenge benötigt wird. Auf speziellere Fragen, wie auf Wettereinflüsse auf die Fütterungsfrequenz, die Futtermenge und das Gedeihen der Jungen, auf Beziehungen zwischen Fütterungsfrequenz und Jungenzahl, auf das Jungenwachstum bei kleinen und grossen Bruten, auf die Klein- und Grossrhythmik der Fütterungstätigkeit der Altschwalben und auf anderes hoffen wir in weiteren Arbeiten eingehen zu können.

Fütterungsfrequenz

Die Anzahl der Fütterungen ermittelten wir bei unseren Mehlschwalben mit einem photoelektrischen Registriergerät, das in genauer zeitlicher Folge nur die Anflüge auf einem Papierstreifen verzeichnet. Im ganzen sind uns sechs vollständige Messreihen während der ganzen vierwöchigen Aufzuchtzeit gelungen, nämlich zwei Messreihen bei Fünferbruten, zwei bei Viererbruten und zwei bei Dreierbruten.

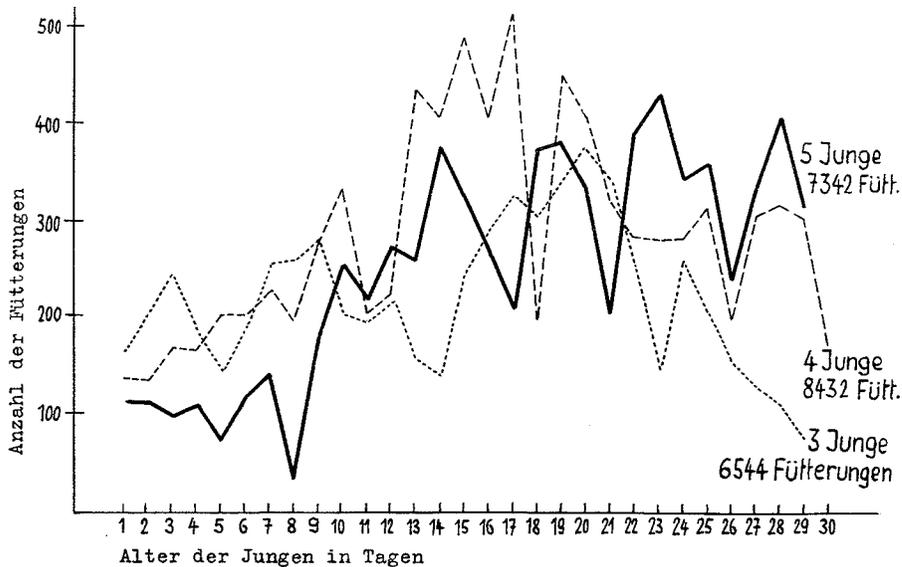


Abb. 1. Anzahl der täglichen Fütterungen während der ganzen Aufzuchtzeit bei drei Mehlschwalbenbruten mit verschiedener Jungenzahl. (Fünferbrut 20. Juni bis 17. Juli 1958; Viererbrut 5. August bis 2. September 1959; Dreierbrut 13. August bis 17. September 1960.)

Tages- stunden	Juni 1958												Juli												Gesamtzahl pro Tages- stunde	Durchschnitt pro Tages- stunde						
	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.			14.	15.	16.	17.	18.	19.
5—6 Uhr	11	3	5	8	9	—	8	—	—	12	14	23	19	28	22	7	—	4	13	19	1	1	16	23	18	5	—	16	21	9	315	10,5
6—7	11	15	7	11	13	8	8	—	—	11	13	22	16	28	32	12	5	7	16	34	—	2	36	33	27	22	7	13	6	20	435	14,5
7—8	11	10	10	7	9	7	8	1	7	16	17	17	20	34	33	34	14	24	23	32	—	2	34	29	36	21	25	19	21	18	539	18,0
8—9	9	9	9	4	4	8	10	2	7	12	23	25	10	25	32	40	18	35	27	40	5	14	31	28	32	19	35	32	28	5	578	19,3
9—10	10	6	—	5	2	4	10	2	12	21	16	20	16	25	25	36	6	39	41	29	6	10	35	14	18	7	35	40	26	12	528	17,6
10—11	10	10	7	7	—	7	11	6	11	26	18	26	27	34	33	21	6	35	41	27	6	42	28	17	19	16	33	45	23	28	620	20,7
11—12	6	8	4	8	2	9	8	—	16	20	18	30	32	29	23	14	—	39	40	36	21	46	39	18	27	14	35	32	27	20	631	21,0
12—13	7	5	6	7	7	8	9	7	16	18	17	20	23	33	18	2	6	38	36	33	2	46	36	24	30	29	19	30	30	15	577	19,2
13—14	6	3	5	8	6	9	8	5	13	19	16	14	21	27	20	22	32	36	21	29	41	32	24	30	25	38	38	21	7	596	19,9	
14—15	7	2	6	7	8	9	10	2	12	11	14	16	16	28	17	31	17	19	25	7	11	36	37	26	21	19	34	35	24	14	511	17,0
15—16	7	6	6	5	2	7	7	3	16	13	16	18	16	28	15	8	12	28	26	29	15	51	28	28	30	29	19	36	29	—	533	18,4
16—17	2	11	6	4	3	7	6	2	12	11	16	12	10	22	12	10	25	17	30	5	18	45	26	26	26	19	16	33	14	—	446	15,4
17—18	10	7	6	7	5	9	7	2	6	16	8	8	24	17	16	17	8	21	11	7	20	26	18	25	21	7	20	23	16	—	388	13,4
18—19	8	8	7	7	2	8	13	1	18	19	7	—	14	12	10	15	16	22	7	11	17	12	17	17	5	15	11	11	—	327	11,3	
19—20	—	10	11	10	1	9	21	2	24	14	—	21	—	6	5	4	9	14	9	5	3	19	19	15	7	5	4	4	17	—	263	9,2
20—21	—	—	—	4	7	—	11	2	—	8	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	1,7
Gesamtzahl im Tag	115	113	99	112	73	120	146	35	178	254	220	272	257	377	313	271	164	375	381	335	155	393	432	347	359	242	335	407	314	148	7342	

TABELLE 1. Anzahl der Fütterungen in den einzelnen Tagesstunden während der ganzen Aufzuchtzeit einer Brut mit 5 Jungen (dick ausgezogene Kurve in Abb. 1)

Abb. 1 zeigt die *täglichen Fütterungszahlen* für drei verschiedene Bruten. Die teils grossen täglichen Schwankungen hängen mit dem Wetter zusammen. Am Anfang der Fünferbrut-Kurve und am Ende der Dreierbrut-Kurve herrschten längere Regenperioden. Aus dem allgemeinen Verlauf der drei Kurven entnehmen wir, dass die beiden Elterntiere schon von Anfang an insgesamt etwa 150 mal im Tag das Nest anfliegen, also im Nest füttern. Die Zahl der täglichen Anflüge steigt bis zum 12. Tag ungefähr auf das Doppelte, nimmt danach — wenigstens an sonnigen Tagen — noch einmal zu und erreicht dabei oft Werte, die drei- bis viermal höher liegen als in den ersten Tagen. Aus einem solchen Kurvenverlauf wird etwa geschlossen, dass die Jungen mit zunehmendem Alter das drei- bis vierfache der anfänglichen Futtermenge erhalten. Das ist jedoch eine oberflächliche Auslegung, die nur erlaubt wäre, wenn wir sicher wüssten, dass die Futterportionen während der ganzen Aufzuchtzeit ungefähr gleich gross bleiben. Darüber sagen aber unsere Daten über die Fütterungsfrequenz noch nichts aus.

Ein genaueres Bild von der Tätigkeit der Altvögel geben uns die *stündlichen Fütterungszahlen*, wobei wir uns auf ein Beispiel beschränken müssen. Tab. 1 enthält die vollständige Wiedergabe dieser Daten für die in Abb. 1 dargestellte Fünferbrut. Das Geschehen während der Aufzuchtzeit, das hier in spröden Zahlen zum Ausdruck kommt, bietet sich dem Beobachter etwa folgendermassen dar:

Nach dem Ausschlüpfen der Jungen bis etwa zu ihrem 5. Lebenstag hudert ständig ein Alttier die nackten und wärmebedürftigen Nestlinge. Die Ablösung erfolgt fast immer bei einer Fütterung. Während das eine Alttier hudert, ist das andere auf Futtersuche. Die Futterbeschaffungsmöglichkeit der beiden Elterntiere ist in diesen ersten fünf Tagen also nur halb ausgenützt. Nach dem 5. Lebenstage wird die Huderzeit zunehmend verkürzt, die Jungen bleiben immer längere Zeit allein und unbedeckt, und vom 12. Tage an wird überhaupt nicht mehr gehudert. Von jetzt an sind beide Eltern mit Ausnahme kurzer Ruhepausen den ganzen Tag während 15 Stunden auf Futtersuche. Dass dabei nicht zu allen Tagesstunden gleich fleissig gefüttert wird, sondern in den Morgenstunden am meisten, ist aus Tab. 1 gut ersichtlich. Die Sammelkapazität beider Alttiere erscheint jetzt voll ausgenützt und kann auf dem bisherigen Wege über eine Verminderung der Huderzeit nicht mehr weiter gesteigert werden. Würden diese Verhältnisse rein vorliegen, so müssten sich in der Zeit zwischen dem 5. und 12. Lebenstage der Jungen die Fütterungszahlen verdoppeln und dann bis zum Ausfliegen auf der gleichen Höhe bleiben. Da sie sich aber verdrei- und vervierfachen, muss noch eine weitere Änderung in den Fütterungsgewohnheiten eintreten.

Bis etwa zum 8. Lebenstage der Jungen tragen die Eltern 8- bis 15 mal in der Stunde die Futterballen ins Nestinnere und übergeben sie hier den bettelnden Jungen. Später erfolgt die Fütterung zunehmend am Flugloch. Die Alten klammern sich nur noch für kurze Zeit aussen am Neste an und verabreichen hier den grösser und in der Futterabnahme geschickter gewordenen Jungen die Futterballen. Diese Erleichterung der Futterübergabe bringt es mit sich, dass an schönen Tagen, wenn in Nestnähe grössere Insektenarten wie Flugameisen, Schwebefliegen oder Marienkäfer schwärmen, die Altschwalben mit dem Heimfluge nicht mehr zuwarten, bis sich ein den ganzen Kehlsack ausfüllender Futterballen angesammelt hat. Jetzt fliegen sie schon nach dem Fang von einem oder wenigen dieser grossen Beutetiere schnell zum nahen Nest zurück. Dadurch steigert sich die Zahl der Anflüge beider Elterntiere am Nest auf 30 bis 50 pro Stunde gegenüber etwa 8 bis 15, wenn ganze Futterballen gebracht werden. Fliegen in Nestnähe keine

grösseren Insekten, so sind die Altschwalben gezwungen, weiter weg das Futter zusammenzusuchen. Unter diesen Umständen kommen sie erst zurück, wenn eine grössere Futtermenge zusammengetragen ist.

Diese Art der Verfütterung von grossen, zahlreiche Insekten enthaltenden Futterballen 8 bis 15 mal in der Stunde wollen wir als *Normalfütterung* bezeichnen. Die Abbildungen der Tafeln 1, 2, 3 und 6 zeigen einige Reihen solcher hintereinander gebrachter, grosser und insektenreicher Futterballen. Den zweiten Fütterungsmodus, wenn in schneller Folge 30 bis 50 mal in der Stunde durch beide Alttiere jeweils nur vereinzelte grössere Beutetiere aus der Nestnähe herangezogen werden, nennen wir *Schnellfütterung*. Das ganz andere Aussehen dieser Futterballen zeigen die Abbildungen der Tafeln 4 und 5. Auch auf Tafel 6 finden sich noch einige in Schnellfütterung gebrachte Futterballen. Diese Reihe veranschaulicht also den Übergang von der Schnell- zur Normalfütterung.

Wie häufig nun die Altschwalben zur Schnellfütterung übergehen, hängt einzig vom Vorhandensein grösserer Beutetiere wie Flugameisen, Schwebefliegen, Eintagsfliegen oder Marienkäfer in Nestnähe ab. Dies wiederum ist vom Wetter abhängig. In warmen und trockenen Sommern mit vielen Sonnentagen überwiegen meist auch die Stunden mit Schnellfütterung. In mittleren Sommern, wenn die sonnigen und die regnerischen Tage sich etwa die Waage halten, sind beide Fütterungsarten etwa gleich zahlreich. In regnerischen und kühlen Sommern ist die Normalfütterung die Regel und Schnellfütterungen treten nur gelegentlich auf.

Dieser je nach Wetter mehr oder weniger häufige Wechsel von der Normalfütterung zur Schnellfütterung bedingt den nochmaligen Anstieg der Zahl der Fütterungen nach dem 12. Lebenstag der Jungen. Es stellt sich jetzt die Frage: Gelingt es den Altschwalben, mit der Schnellfütterung mehr Futter herbeizuschaffen als mit der Normalfütterung, und falls dies zutrifft, steigert sich die herbeigetragene Futtermenge proportional mit der Zahl der Anflüge oder nicht? Wie die Unterlagen dazu beschafft wurden, zeigt der nächste Abschnitt, während die Frage selbst im biometrischen Teil der Arbeit näher untersucht wird.

Gewicht, Insektenzahl und Sammelzeit der Futterballen

Solch nicht gerade alltägliches Zahlenmaterial zu gewinnen war nur möglich, weil mir 10 von einem verdunkelten Estrich aus zugängliche und mit einem Fenster versehene Kunstnester zur Verfügung standen. Hier gelang es, ganze Reihen nacheinander gebrachter Futterballen zu sammeln und für jeden dieser Ballen das Gewicht, die Insektenzahl und die vom Elterntier benötigte Sammelzeit zu bestimmen. Für diese Untersuchungen wählte ich meist die am häufigsten vorkommende Viererbrut. Daneben kamen etwas weniger oft auch Bruten mit fünf und drei Jungen an die Reihe.

Nachdem ich jeweils allen Jungschwalben die Halsringe umgelegt hatte, stellte ich mich mit Uhr, Bleistift, Papier und Taschenlampe hinter dem Nest auf. Die Zeit des Ab- und Anfluges jedes Alttieres wurde aufgeschrieben und der in dieser Zeit gesammelte und verfütterte Ballen wurde sofort mit der Pinzette dem Rachen des Jungen entnommen und in ein bereitstehendes leeres Fläschchen versorgt. Bei den Fütterungen im Nestinneren liessen sich die beiden Alttiere stets voneinander unterscheiden, meist an der unterschiedlichen Lage der Fussringe. Bei der Schnellfütterung jedoch war dies nicht immer möglich, obschon ich durch ein Bohrloch in der Hauswand die am Neste angeklammerten Altschwalben aus

TABELLE 2. Sammelzeit, Gewicht und Inhalt der Futterballen bei Normalfütterung.
(Vgl. Erläuterungen zu Tafel 1—3)

	1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	Q	R	S	X	
Serie 4	A	7.18	3	170	43	—	3	6	5	10	14	—	—	1	—	3	—	—	1	—	—	—	—	—
13. Juli 1959	B	7.19	4	170	126	—	—	64	—	23	33	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nest G 7	A	7.23	5	150	115	—	—	65	—	23	24	—	2	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
4 Junge 9 T.	B	7.26	7	100	78	—	—	35	—	38	4	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(Tafel 1)	B	7.30	4	140	102	—	—	42	2	36	19	—	2	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
	A	7.30	6	200	7	—	—	1	—	1	—	—	—	1	—	3	—	—	—	1	—	—	—	—
	B	7.45	13	100	40	—	—	10	3	16	6	—	1	1	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—
	B	7.52	7	170	136	—	—	72	—	57	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Serie 21	B	8.58	9	90	10	—	—	—	—	2	—	—	2	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—	—
18. Juni 1960	A	9.04	7	460	81	—	—	—	—	—	—	—	81	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nest G 7	B	9.06	6	100	16	—	—	—	4	—	—	—	6	—	—	—	—	—	1	5	—	—	—	—
4 Junge 12 T.	A	9.14	7	290	54	—	—	—	2	1	—	4	44	—	—	—	—	—	2	—	—	1	—	—
(Tafel 2)	A	9.24	8	290	75	—	—	—	5	2	—	11	53	—	1	—	—	—	3	—	—	—	—	—
	A	9.37	8	380	66	—	—	—	—	2	—	5	57	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—
	A	9.45	6	290	54	—	—	—	—	—	—	—	52	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—
	A	10.07	10	270	86	—	—	—	—	1	41	38	—	1	—	4	—	—	1	—	—	—	—	—
	A	10.12	5	220	44	—	3	—	—	1	2	16	8	—	1	—	—	—	12	—	—	1	—	—
	A	10.15	3	150	70	—	2	36	—	14	1	9	3	—	—	—	—	—	3	—	—	1	—	1
Serie 23	A	9.36	10	260	388	—	—	—	3	9	8	354	11	—	—	—	—	—	1	1	—	1	—	—
25. Juni 1960	B	9.41	15	210	356	—	—	—	—	13	15	312	7	—	—	—	—	—	2	—	3	4	—	—
Nest G 3	A	9.58	17	250	359	—	—	—	—	8	14	18	302	5	—	—	—	—	3	—	3	6	—	—
3 Junge 7 T.	B	10.02	18	220	372	—	—	—	—	15	28	17	292	7	—	—	—	—	2	—	2	9	—	—
(Tafel 2)	A	10.17	15	270	369	—	—	—	—	7	11	15	318	10	—	—	—	—	4	—	1	1	—	2
	B	10.26	9	130	168	—	—	—	1	38	7	114	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Serie 53	A	16.30	10	270	44	3	2	—	12	—	2	—	5	—	5	—	14	—	—	—	—	—	—	—
17. Juni 1959	B	16.30	13	270	69	—	—	—	7	2	2	—	26	18	8	—	6	—	—	—	—	—	—	—
Nest G 9	B	16.36	6	240	29	—	—	2	8	3	1	—	6	6	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—
5 Junge 8 T.	A	16.39	9	240	72	1	—	—	24	4	3	5	20	2	5	—	—	—	8	—	—	—	—	—
(Tafel 3)	B	15.42	6	160	17	—	—	—	2	2	1	—	3	—	—	—	—	—	4	—	—	2	—	3
	A	16.45	4	220	15	5	1	—	3	—	2	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	B	16.50	8	160	60	1	—	—	4	3	4	—	35	4	3	—	—	—	5	—	—	1	—	—
	A	16.53	8	170	47	1	—	—	10	6	—	2	14	—	4	—	—	—	7	—	1	2	—	—
	B	17.00	10	230	49	2	—	—	11	3	2	—	17	—	1	—	—	—	11	1	—	1	—	—
	A	17.05	12	210	79	—	—	—	8	2	5	—	40	2	5	—	—	—	17	—	—	—	—	—

Legende: Links sind angegeben: Nummer der Beobachtungsserie, Datum, Nestnummer, Zahl und Alter der Jungen. Die Kolonnen enthalten:

- | | |
|--|--|
| 1 Bezeichnung des fütternden Altvogels | J Eintagsfliegen (Ephemeren) |
| 2 Zeit der Fütterung | K Uferfliegen (Plecopteren) |
| 3 Sammelzeit des Ballens in Minuten | L Köcherfliegen (Trichopteren) |
| 4 Gewicht des Futterballens in mg | M Blattwanzen, Zikaden, Psyllen (Rhynchoten) |
| 5 Gesamtzahl der Insekten im Ballen | N Flugameisen (Formiciden) |
| A—T Zahl der Insekten nach Gruppen: | O Blatt- und Schlupfwespen (Hymenopteren) |
| A Schwebefliegen (Syrphiden) | P Marienkäfer (Coccinelliden) |
| B Fliegen über 6 mm Länge (Brachyceren) | Q übrige Käferarten (Coleopteren) |
| C Fliege <i>Hilara spec.</i> | R Netzflügler (Neuropteren) |
| D Fliegen unter 6 mm Länge (Brachyceren) | S Flechtlinge (Copeognathen) |
| E Schwarmmücken (Chironomiden) | T Schmetterlinge (Lepidopteren) |
| F übrige Mückenarten (Nematoceren) | X Steinchen und Erde |
| G Grüne Blattläuse (Aphiden) | |
| H übrige Blattlausarten (Aphiden) | |

TABELLE 3. Sammelzeit, Gewicht und Inhalt der Futterballen bei Schnelfütterung (Serie 29 und 47) und beim Übergang von Schnelfütterung zu Normalfütterung (Serie 87). Gleiche Anordnung wie Tabelle 2. (Vgl. Erläuterungen zu Tafel 4—6)

		1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	Q	S	T
Serie 29	B	9.09	6	100	15	—	—	1	5	2	—	—	3	—	—	—	1	3	—	—	—	—	—	—
14. Juli 1959	A	9.09	8	120	8	—	—	3	—	2	—	—	—	—	—	2	—	1	—	—	—	—	—	—
Nest G 7	A	9.12	3	110	6	—	—	1	1	2	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—
4 Junge 10 T. (Tafel 4)	A	9.15	2,5	80	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—	—	—	—
	B	9.16	7	80	15	—	—	5	—	3	—	3	—	—	—	—	2	1	—	—	—	1	—	—
	B	9.17	1	50	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—
	A	9.17	1	50	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—
	A	9.20	3	60	6	—	—	4	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—
	A	9.23	2,5	110	3	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
	A	9.27	4	140	8	—	1	—	3	1	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—	—
	A	9.29	1,5	120	3	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
	A	9.31	1,5	120	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	1	—	—
	A	9.32	0,5	30	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
	A	9.37	5	200	18	—	—	1	6	1	2	—	—	—	—	—	5	—	2	1	—	—	—	—
	B	9.38	11	120	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Serie 47	B	13.56	3	170	13	4	—	—	3	—	1	—	2	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—
17. Juli 1959	B	13.58	2	50	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
Nest G 7	B	13.59	1	60	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
4 Junge 13 T. (Tafel 5)	B	14.02	3	100	15	1	—	—	8	3	—	—	—	—	—	—	—	2	1	—	—	—	—	—
	A	14.06	10	130	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1	—	—
	A	14.10	4	170	4	3	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	B	14.12	10	150	30	2	—	—	10	1	—	—	3	2	2	—	5	—	1	1	3	—	—	—
	A	14.12	2	130	6	1	2	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
	B	14.14	2	200	2	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	A	14.15	3	250	3	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	A	14.17	2	150	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	B	14.18	4	110	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—
	B	14.20	2	40	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
	B	14.30	10	190	9	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	6	—	—
	A	14.31	14	80	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
	B	14.32	2	190	3	2	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Serie 87	A	18.15	1	140	7	2	—	—	2	1	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—
13. Juli 1959	B	18.17	6	200	20	1	—	—	4	—	—	—	1	—	—	1	4	6	2	1	—	—	—	—
Nest G 7	A	18.20	5	300	20	—	—	—	3	—	—	—	1	1	1	3	3	2	1	2	3	—	—	—
4 Junge 9 T. (Tafel 6)	B	18.22	5	140	51	—	1	—	22	18	1	—	2	—	—	—	2	2	3	—	—	—	—	—
	A	18.24	4	200	63	—	—	9	29	6	—	—	—	1	1	—	3	14	—	—	—	—	—	—
	B	18.26	4	220	103	—	1	44	21	22	3	—	2	2	—	1	3	3	—	—	—	1	—	—
	A	18.28	4	240	77	—	—	23	19	19	3	—	3	—	1	—	—	5	1	2	1	—	—	—
	B	18.32	6	200	104	—	—	44	17	28	3	—	3	1	—	1	3	2	—	—	—	2	—	—
	B	18.33	1	100	2	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	B	18.36	3	220	82	—	—	31	15	23	2	—	—	1	—	—	2	1	—	1	—	4	2	—
	B	18.40	4	210	105	—	—	44	14	28	7	—	2	—	—	—	1	4	—	2	—	—	3	—

nächster Nähe beobachten konnte. Ich arbeitete nur bei solchen Paaren, bei denen ich den Eindruck hatte, dass der Fütterungsablauf durch meine Eingriffe nicht gestört wurde. Wenn alles normal verlief, erstreckte sich die Untersuchung über eine Folge von 10 bis 20 Fütterungen. Traten jedoch Störungen auf, sei es, dass die Jungen nach dem Anlegen der Halsringe schlecht oder gar nicht sperren, oder dass ich durch irgend eine unvorsichtige Handbewegung die Alten erschreckte, so brach ich die Untersuchung sofort ab. Bei der Schnelfütterung war es auch bei grösster Geschicklichkeit nur dann möglich, die oft jede halbe Minute gebrachten Futterballen mit einwandfreier Zeitangabe zu versehen, wenn ein Alttier für die Dauer der Untersuchung von der Fütterung ausgeschlossen wurde.

Das liess sich sehr leicht dadurch erreichen, dass ich einen Vogel, meist den scheueren, bei einer Futterübergabe vom Nestinneren her mit der Taschenlampe anblendete. Nach Abschluss der Untersuchung wurden die Futterballen auf einer Präzisionswaage gewogen und dann in 70% Alkohol für die spätere Auszählung und Gruppierung der Beutetiere aufbewahrt.

Auf diese Weise ist es mir 1959 und 1960 zwischen dem 10. Juni und 16. August gelungen, 90 mehr oder weniger lange Serien von insgesamt 618 Futterballen zu gewinnen, die sich auf die Tagesstunden von 5 bis 20 Uhr verteilen. Dieses Material gliedert sich grob folgendermassen:

Gewicht der 618 Futterballen (0,01—0,50 g)	124,78 Gramm
Sammelzeit für die 618 Futterballen ($\frac{1}{2}$ —23 Min.)	4831 Minuten
Anzahl der in den Futterballen enthaltenen Insekten (1—388 Ex.)	34 989 Ex.

Unsere 90 Futterballenserien enthalten 70 Serien mit 433 Futterballen, die sich auf Normalfütterung, und 20 Serien mit 185 Futterballen, die sich auf Schnellfütterung beziehen. Aus drucktechnischen Gründen ist es nicht möglich, die genaue Zusammensetzung sämtlicher 90 Proben hier wiederzugeben. Wir müssen uns mit einer kleinen Auswahl von sieben typischen Serien begnügen. Diese sind mit allen Einzeldaten in den Tabellen 2 und 3 zusammengestellt. Um sie unserer Vorstellungswelt zugänglicher zu machen, werden sie überdies auf den Tafeln 1 bis 6 abgebildet. Das vollständige Material aller 90 Beobachtungsreihen dient als Grundlage für die nachfolgenden biometrischen Berechnungen. Es ist, soweit es dazu verwendbar war, in Tab. 4 enthalten, wo auch die in den Tab. 2 und 3 und auf den Tafeln dargestellten Serien mit einem * gekennzeichnet sind.

Biometrische Auswertung der Fütterungsbeobachtungen

VON FRITZ H. SCHWARZENBACH

K. v. GUNTEN hat ein umfangreiches Material von Beobachtungen über die Fütterung von Mehlschwalbenbruten zusammengetragen, um abzuklären, auf welche Weise die bei der Aufzucht der Jungen eingetragene Futtermenge zuverlässig geschätzt werden kann. Über diese Zielsetzung hinaus, die von praktischen Erwägungen diktiert wird, ergeben sich eine Reihe vertiefter Einsichten in die Eigenheiten der Fütterung bei einer insektenfressenden Vogelart. Nicht zuletzt auch vermittelt die Arbeit Einblicke in die Lebensweise der Beutetiere.

Wie bereits K. v. GUNTEN hervorgehoben hat, ist die Schätzung der eingetragenen Futtermenge mit Schwierigkeiten verbunden. Gewicht und Zusammensetzung der Futterballen ändern mit den Schwarmzeiten der Insekten. Im Tageslauf der Altvögel wechseln Stunden intensiver Sammeltätigkeit mit Ruhepausen ab. Die Futtermenge richtet sich nach der Zahl und dem Alter der Jungen. Der Sammelerfolg wird ausserdem durch die Witterung beeinflusst.

Bei diesem verwickelten Zusammenspiel verschiedener Einflüsse hält es schwer, die Gesetzmässigkeiten zu erkennen, nach denen sich die Fütterung der Mehlschwalbenbruten richtet. Um Klarheit über diese Beziehungen zu gewinnen, haben wir uns entschlossen, die Beobachtungsdaten einer eingehenden rechnerischen Bearbeitung zu unterwerfen. Die Fülle von zahlenmässig festgehaltenen Daten in der Zusammenstellung K. v. GUNTENS bietet für die statistische Auswertung günstige Voraussetzungen, so dass die biometrische Analyse¹⁾ des Beobachtungsmaterials rasch zu einer Übersicht über die Gesetzmässigkeiten der Fütterung führt. Die

¹⁾ Die Biometrie befasst sich mit der Anwendung mathematisch-statistischer Verfahren zur Planung und Auswertung biologischer Versuche.

guten Erfahrungen bei der rechnerischen Bearbeitung veranlassen uns, die biometrische Analyse in ihrem Aufbau darzustellen, um zu zeigen, wie die Hilfsmittel der mathematischen Statistik bei der Auswertung ornithologischer Beobachtungen zweckmässig eingesetzt werden können. Um den Rahmen, der durch den Charakter der Zeitschrift gegeben ist, nicht zu sprengen, beschränken wir uns darauf, die Anwendung der biometrischen Verfahren darzulegen, ohne auf mathematische Einzelheiten einzugehen. Für eine eingehendere Information sei der Leser auf die zitierte Fachliteratur verwiesen.

Aufgabe der biometrischen Bearbeitung

Die biometrische Aufgabe besteht darin, eine Methode zu entwickeln, welche es dem Ornithologen erlaubt, die zur Aufzucht der Brut eingetragene Futtermenge zuverlässig zu schätzen. Im besonderen soll geprüft werden, ob das *Gewicht* der Ballen oder die *Zahl der Insekten* als Masse für die Schätzung der Futtermenge geeignet sind oder ob eine andere Messgrösse zu wählen ist.

Grosse praktische Vorteile böte ein Verfahren, das gestattet, die Futtermenge zu bestimmen, indem man allein die Anflüge der Altvögel am Nest kontrolliert, ohne die eingetragenen Futterballen zu wägen.

Zusammenstellung der Unterlagen für die rechnerische Auswertung

Für die rechnerische Auswertung ordnen wir vorerst die Beobachtungen K. VON GUNTENS in einer besonderen Tabelle an (Tab. 4). Da eine erste Durchsicht des Materials zeigt, dass die Sammelzeiten, die Gewichte der Futterballen und die Zahl der eingetragenen Insekten bei aufeinanderfolgenden Fütterungen erheblichen Schwankungen unterworfen sind, fassen wir die *Einzelwerte von je vier sich folgenden Anflügen* des gleichen Elterntieres zusammen. Auf diese Weise gleichen sich die zufälligen Unterschiede von einer Fütterung zur anderen weitgehend aus.

Aus den Angaben K. V. GUNTENS lassen sich für die *Vierballenproben* die *Sammelzeiten*, die *Gewichte* und die *Insektenzahlen* als Summen der entsprechenden Einzelwerte errechnen. Für jede Vierballenprobe bestimmen wir ausserdem den Quotienten *Gewicht/Sammelzeit*, den wir als *Leistung* des Altvogels definieren. Die Leistung wird in mg Futter/Minute/Altvogel ausgedrückt. Für die späteren Berechnungen erweist es sich als günstig, die Angaben über die Insektenzahlen und die Zahlenwerte für die Leistungen zu *logarithmieren*.

Die Zusammenstellung der Zahlenwerte wird durch eine Ordnungsnummer, durch die Bezeichnung der Beobachtungsserie und des fütternden Altvogels, sowie durch Angaben über Datum und Zeitpunkt der Fütterung ergänzt. Die Angaben über die insgesamt 70 Vierballenproben sind in Tab. 4 nach steigenden Sammelzeiten geordnet.

Die Häufigkeitsverteilungen der Beobachtungsgrössen

Der erste Schritt in der biometrischen Analyse besteht darin, für jede Beobachtungsgrösse die zur Verfügung stehenden Werte in Form einer *Häufigkeitsverteilung* neu zu gruppieren. Dazu unterteilen wir den Spielraum zwischen dem niedrigsten und höchsten Einzelwert in eine Anzahl Klassen gleicher Breite und reihen die einzelnen Beobachtungen in die passenden Klassen ein. Es hat sich als praktisch erwiesen, die Klassenbreite so zu wählen, dass etwa \sqrt{N} Klassen ($N =$

TABELLE 4. Beobachtungen an Vierballenproben der Mehlschwalbe

A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L
1	52	A	16. 8. 60	10.46	5	580	116	2,06	31	1,49
2	52	A	16. 8. 60	11.21	7	760	109	2,04	8	0,90
3	26	A	8. 7. 59	10.07	7	450	64	1,81	20	1,30
4	30	A	17. 7. 59	9.57	9	560	62	1,79	21	1,32
5	47*	B	17. 7. 59	13.53	9	380	42	1,62	30	1,48
6	22	A	23. 6. 60	9.04	10	370	37	1,57	95	1,98
7	90	A	16. 8. 60	17.28	10	610	61	1,79	96	1,98
8	29*	A	14. 7. 59	9.17	11	430	38	1,58	20	1,30
9	51	A	14. 8. 60	11.00	11	540	48	1,68	29	1,46
10	51	A	14. 8. 60	10.45	12	540	45	1,65	40	1,60
11	71	A	23. 6. 59	14.15	13	280	22	1,34	11	1,04
12	71	A	23. 6. 59	14.39	14	500	36	1,56	39	1,59
13	87*	A	13. 7. 59	18.14	14	880	63	1,80	167	2,22
14	30	A	17. 7. 59	10.07	15	490	33	1,52	69	1,84
15	29*	A	14. 7. 59	9.01	15	360	24	1,38	19	1,28
16	49	A	16. 6. 60	11.06	15	560	37	1,57	104	2,02
17	72	A	15. 8. 60	15.50	16	780	48	1,68	117	2,07
18	28	A	12. 7. 59	9.25	16	400	25	1,40	32	1,50
19	25	A	19. 6. 59	10.10	16	750	47	1,67	71	1,85
20	43	A	28. 6. 60	11.23	17	890	52	1,72	144	2,16
21	25	B	19. 6. 59	10.09	18	850	47	1,67	91	1,96
22	47*	B	17. 7. 59	14.15	18	500	28	1,45	36	1,56
23	88	A	14. 7. 59	18.00	18	990	55	1,74	77	1,89
24	47*	A	17. 7. 59	13.56	19	680	35	1,54	16	1,20
25	43	A	28. 6. 60	10.40	19	930	49	1,69	129	2,11
26	87*	B	13. 7. 59	18.14	21	760	36	1,56	278	2,44
27	71	B	23. 6. 59	14.15	22	470	21	1,32	104	2,01
28	21*	A	18. 6. 60	9.39	24	930	39	1,59	254	2,40
29	79	A	12. 6. 60	18.26	24	720	30	1,48	153	2,18
30	83	B	17. 6. 60	17.17	25	690	28	1,45	162	2,21
31	22	B	23. 6. 60	8.49	25	1300	52	1,72	138	2,14
32	29*	B	14. 7. 59	9.03	25	350	14	1,15	33	1,52
33	39	A	18. 6. 60	13.13	26	420	16	1,20	115	2,06
34	4*	B	13. 7. 59	7.15	28	510	15	1,18	346	2,54
35	74	B	27. 6. 59	18.24	29	820	28	1,45	61	1,79
36	61	B	14. 6. 60	15.30	29	980	34	1,53	225	2,35
37	13	B	23. 6. 60	6.24	29	1350	46	1,66	355	2,55
38	5	A	6. 8. 59	6.55	30	780	26	1,41	587	2,77
39	5	B	6. 8. 59	7.00	30	690	23	1,36	380	2,58
40	21*	A	18. 6. 60	8.57	30	1420	47	1,67	276	2,44
41	85	A	24. 6. 60	17.15	30	950	32	1,51	135	2,13
42	13	A	23. 6. 60	6.15	31	490	16	1,20	169	2,23
43	37	A	15. 6. 60	13.55	31	1090	35	1,54	167	2,22
44	53*	A	17. 6. 59	16.19	31	900	29	1,46	178	2,25
45	31	A	12. 6. 60	10.23	32	760	24	1,38	48	1,68
46	2	B	20. 6. 59	6.14	32	940	29	1,46	314	2,50
47	80	B	15. 6. 60	18.11	32	840	26	1,41	191	2,28
48	1	A	18. 6. 59	6.17	33	880	27	1,43	540	2,73
49	10	A	17. 6. 60	6.27	33	770	24	1,38	657	2,82
50	53*	B	17. 6. 59	16.19	33	830	25	1,40	175	2,24
51	83	A	17. 6. 60	17.45	33	1060	32	1,51	234	2,37
52	13	A	23. 6. 60	7.08	34	480	14	1,15	100	2,00
53	61	A	14. 6. 60	15.30	34	1090	32	1,51	332	2,52
54	37	A	15. 6. 60	13.17	36	1110	31	1,49	211	2,32
55	11	A	17. 6. 60	6.16	37	600	16	1,20	499	2,70
56	20	A	11. 6. 60	9.00	37	900	25	1,40	678	2,83
57	36	B	15. 6. 60	13.16	37	780	21	1,32	155	2,19
58	12	B	21. 6. 60	6.33	38	1060	28	1,45	870	2,94

A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L
59	15	B	16. 6. 59	8.21	38	380	10	1,00	142	2,15
60	67	B	21. 6. 60	15.26	38	1250	33	1,52	230	2,36
61	37	B	15. 6. 60	13.17	39	1060	27	1,43	214	2,33
62	16	A	18. 6. 59	7.51	40	670	17	1,23	232	2,37
63	83	A	17. 6. 60	17.05	40	460	12	1,08	105	2,02
64	54	A	17. 6. 59	17.00	41	490	12	1,08	204	2,31
65	68	B	27. 6. 60	15.00	41	1500	37	1,57	223	2,35
66	73	A	18. 6. 59	16.18	42	800	19	1,28	360	2,56
67	1	B	18. 6. 59	6.06	43	850	20	1,30	530	2,72
68	58	A	24. 6. 59	17.15	48	840	18	1,26	178	2,25
69	39	B	18. 6. 60	13.15	52	1050	20	1,30	119	2,06
70	68	A	27. 6. 60	13.03	58	1490	26	1,41	380	2,58

Legende:

A Nummer der Vierballenprobe	G Gesamtgewicht der vier Futterballen in mg
B Beobachtungsserie	H Leistung des Altvogels in mg/min
C Bezeichnung des Altvogels	I Logarithmus der Leistung
D Datum der Beobachtung	K Gesamtzahl der Insekten in der Vierballenprobe
E Wegflug zur Sammlung des ersten Futterballens	L Logarithmus der Insektenzahl
F Zeit für die Sammlung der vier Futterballen in Minuten	

Die Ballen der mit * bezeichneten Serien sind in den Tabellen 2 und 3 mit weiteren Einzelheiten angeführt und auf den Tafeln 1—6 dargestellt.

Anzahl der zur Verfügung stehenden Beobachtungen) gebildet werden. In jeder Klasse zählt man die Beobachtungen. Die erhaltenen Summen werden, von der niedrigsten zur höchsten Klasse fortschreitend, tabellarisch zusammengestellt. Mit Vorteil veranschaulicht man diese Übersicht in Form der graphisch dargestellten Häufigkeitsverteilung (Abb. 3a — 8a).

Als nächstes wird die *kumulierte Häufigkeitsverteilung* berechnet, indem man die Häufigkeit von der niedrigsten zur höchsten Klasse fortlaufend addiert (Tab. 5, Kol. D). Die erhaltenen Werte werden in Prozente der Gesamtzahl N umgerechnet (Tab. 5, Kol. E). Als Beispiel für den Gang der Auswertung wählen wir die Häufigkeitsverteilung der Sammelzeiten, die aus Tab. 4 übernommen werden.

Beurteilung der Häufigkeitsverteilungen

Die Erfahrung zeigt, dass die Häufigkeitsverteilungen biologischer Messwerte sehr oft bestimmten Gesetzmässigkeiten folgen, die sich durch mathematische Formeln beschreiben lassen. In vielen Fällen nähern sich die graphischen Darstellungen von Häufigkeitsverteilungen bei zunehmender Zahl der Beobachtungen und unter fortschreitender Verkleinerung der Klassenabstände dem Bild einer Funktion an, die als *Normalverteilung* bezeichnet wird. Graphisch lässt sich diese Verteilung als achsensymmetrische, glockenförmige Kurve darstellen. Die Symmetrieachse steht senkrecht auf der Horizontalachse eines rechtwinkligen Koordinatensystems; die Lage der Kurve im Koordinatennetz wird durch die Abszisse μ der Symmetrieachse eindeutig bestimmt. Die Kurve der Normalverteilung kann in ihrem Verlauf vollständig beschrieben werden, wenn ausser μ der Abstand δ des Wendepunktes von der Symmetrieachse bekannt ist.

Schätzungen für die beiden Grössen μ und δ , deren funktionelle Bedeutung aus Abb. 2 hervorgeht, lassen sich aus den vorhandenen Beobachtungswerten gewinnen. Die Abszisse μ der Symmetrieachse entspricht dem *Durchschnitt der Einzelwerte*; der Horizontalabstand δ des Wendepunktes wird als *Standardabweichung* nach dem in Tab. 6 dargestellten Verfahren berechnet (vgl. S. 17).

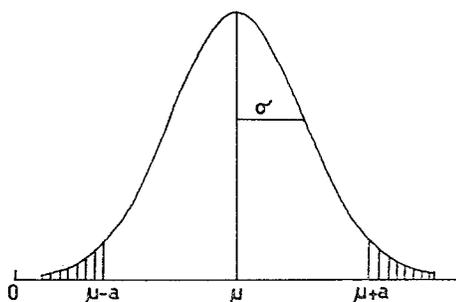


Abb. 2

Erklärung im Text.

Verschiedene biometrische Prüfverfahren, die angewendet werden, um Unterschiede zwischen den Durchschnitten von Vergleichsgruppen statistisch zu beurteilen, setzen voraus, dass die Masswerte um ihren Durchschnitt normal verteilt sind. Um festzustellen, ob diese Bedingung erfüllt ist, wenden wir das *Probitverfahren* an, das auf BLISS (1935 a, b) zurückgeht und das in DOCUMENTA GEIGY (1960) eingehend beschrieben wird. Ausgangspunkt für die Beurteilung bildet die *kumulierte Häufigkeitsverteilung* (vergl. Tab. 6, Kol. D). Ersetzen wir die Prozentwerte in Kol. E durch Rechnungseinheiten, die als *Probits* bezeichnet werden, so geht bei normal verteilten Werten das Bild der kumulierten Häufigkeitsverteilung von einer S-förmigen Kurve in eine Gerade über. Die Probitwerte entnehmen wir biometrischen Tabellenwerken (FISHER & YATES, 1957, pp. 64/66; DOCUMENTA GEIGY, 1960, pp. 54/55).

TABELLE 5. Häufigkeitsverteilung der Sammelzeiten für die 70 Vierballenproben

Klasse	Klassenbereich (in Minuten)	Klassenmitte (in Minuten)	Anzahl Proben pro Klasse f_i	kumulierte Häufigkeiten	kumulierte Häu- figkeiten in % der Gesamtzahl	Probit	
	A	B	C	D	E	F	
1	5—9	7	5	5	f_1	7,1	3,5
2	10—14	12	8	13	f_1+f_2	18,6	4,1
3	15—19	17	12	25	$f_1+f_2+f_3$	35,7	4,6
4	20—24	22	4	29	$f_1+f_2+..+f_4$	41,4	4,8
5	25—29	27	8	37	$f_1+f_2+..+f_5$	52,9	5,1
6	30—34	32	16	53	$f_1+f_2+..+f_6$	75,6	5,7
7	35—39	37	8	61	$f_1+f_2+..+f_7$	87,1	6,1
8	40—44	42	6	67	$f_1+f_2+..+f_8$	95,7	6,7
9	45—49	47	1	68	$f_1+f_2+..+f_9$	97,1	—
10	50—54	52	1	69	$f_1+f_2+..+f_{10}$	98,6	—
11	55—59	57	1	70	$f_1+f_2+..+f_{11}$	100,0	—

Gesamtzahl $N = 70$

Die auf eine Stelle nach dem Komma gerundeten Probitwerte sind in Kol. F der Tab. 5 zusammengestellt. Bei der Tabellierung können wir uns damit begnügen, nur Probitwerte zwischen 3,0 und 7,0 aufzunehmen. Die Probitwerte werden als Ordinaten in ein Koordinatennetz eingezeichnet; als Abszissen wählen wir die *obere Grenze* der entsprechenden Klasse (Abb. 3b — 8b). Bestimmen die Messpunkte eine *Gerade*, so spricht dieser Befund dafür, dass die Beobachtungswerte um ihren Durchschnitt *normal verteilt* sind.

Neben diesem einfachen, graphischen Routineverfahren besteht die Möglichkeit, rechnerisch zu prüfen, ob die experimentell erhaltene Verteilungsfunktion mit der Normalverteilung übereinstimmt. Für diese Kontrolle haben wir die in DOCUMENTA GEIGY (1960, pp. 164/166) beschriebene Methode angewendet, auf die wir an dieser Stelle nicht näher eingehen. Mit Hilfe dieses Verfahrens berechnen wir die Wahrscheinlichkeit für die Übereinstimmung der experimentell gefundenen Häufigkeitsverteilung mit der Normalverteilung. Sinkt die Wahrscheinlichkeit unter die üblichen Sicherheitsschwellen von $P = 0,05$ bzw. $P = 0,01$, so ziehen wir den Schluss, dass die experimentell ermittelte Funktion von der Normalverteilung abweicht.

Für die verschiedenen Beobachtungsgrößen sind die berechneten Wahrscheinlichkeiten in Tab. 7, Kol. D zusammengestellt. Die Beurteilung der empirisch gefundenen Häufigkeitsverteilungen ergibt für die verschiedenen Beobachtungsgrößen folgendes Bild:

a. Häufigkeitsverteilung der Sammelzeiten

Die graphische Darstellung der Häufigkeitsverteilung (Abb. 3a) ergibt eine zweigipflige Kurve. Diese Zweigipfligkeit prägt sich in der Probittransformation der kumulierten Häufigkeitsverteilung (Abb. 3b) durch eine Knickung der Geraden aus. Die Wahrscheinlichkeit, dass die beobachtete Häufigkeitsverteilung der Normalverteilung folgt, liegt zwischen $P = 0,10$ und $P = 0,05$ (Tab. 7, Kol. D). Die Abweichung ist noch nicht als gesichert zu betrachten; durch weitere Beobachtungen ist zu prüfen, ob die zweigipflige Verteilungskurve der Sammelzeiten bestätigt werden kann.

Lässt sich durch neue Untersuchungen die Zweigipfligkeit der Häufigkeitsverteilung belegen, so wäre der biometrische Beweis für die Annahme K. VON GUNTENS erbracht, dass die Mehlschwalbe bei der Fütterung der Jungen zwei verschiedenen Rhythmen folgt.

Aus Abb. 3a geht hervor, dass bei der Schnellfütterung Sammelzeiten zwischen 15 und 19 Minuten für die Vierballenprobe am häufigsten beobachtet werden; die einzelnen Anflüge folgen sich daher in Intervallen von rund vier Minuten. Ganz unvermittelt kann die schnelle Fütterungsfolge in die Normalfütterung übergehen. Die Sammelzeiten für die Vierballenprobe streuen dabei um die Klasse von 30—34 Minuten, so dass also der Altvogel in Abständen von rund acht Minuten füttert.

Für die Unterscheidung der beiden Fütterungstypen wird als Grenze eine Sammelzeit von 20 Minuten für die Vierballenprobe festgesetzt, wobei der Grenzwert zur Normalfütterung gerechnet wird.

Sollte es gelingen, in neuen Untersuchungen die Zweigipfligkeit der Häufigkeitsverteilung zu bestätigen, so bietet sich dem Verhaltensforscher die reizvolle Aufgabe, den auslösenden Ursachen für den Wechsel von Normal- zu Schnellfütterung nachzuspüren.

b. Häufigkeitsverteilung der Vierballengewichte

Aus Abb. 4a geht hervor, dass die Häufigkeitsverteilung der Vierballengewichte eine eingipflige Verteilungskurve darstellt. Die Probittransformation der kumulierten Häufigkeitsverteilung zeigt, dass die Messpunkte eine Gerade bestimmen (Abb. 4b). Die rechnerische Prüfung ergibt, dass die beobachtete Verteilung mit einer Wahrscheinlichkeit P zwischen den Grenzen $P = 0,60$ und $P = 0,50$ mit einer Normalverteilung übereinstimmt (Tab. 7, Kol. D). Die Häufigkeitsverteilung für die Vierballengewichte darf daher als normal betrachtet werden.

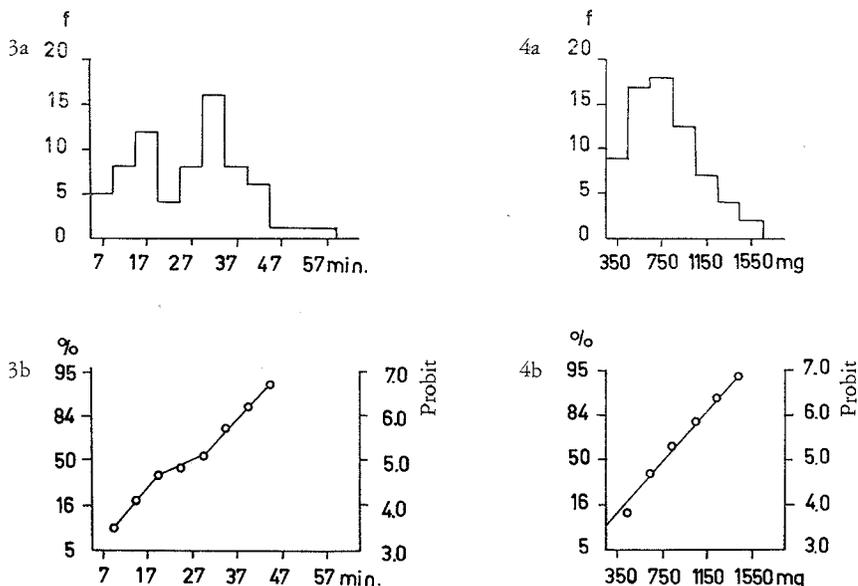


Abb. 3a. Häufigkeitsverteilung der Sammelzeiten. — Abb. 3b. Probittransformation der kumulierten Häufigkeitsverteilung der Sammelzeiten.

Abb. 4a. Häufigkeitsverteilung der Vierballengewichte. — Abb. 4b. Probittransformation der kumulierten Häufigkeitsverteilung der Vierballengewichte.

c. Häufigkeitsverteilung der Insektenzahl

Betrachten wir Abb. 5 a, so fällt uns auf, dass die Häufigkeitsverteilung der Insektenzahlen einer *asymmetrischen* Verteilung folgt, indem die beiden ersten Klassen am stärksten besetzt sind. Die Probittransformation der kumulierten Häufigkeitsverteilung zeigt anstelle einer Geraden eine sich allmählich *verflachende Kurve* (Abb. 5 b). Aus Tab. 7, Kol. D geht hervor, dass die Wahrscheinlichkeit für die Übereinstimmung der beobachteten Verteilungsfunktion mit der Normalverteilung unter $P = 0,05$ liegt. *Die Häufigkeitsverteilung der Insektenzahlen darf daher nicht als normal angesehen werden.*

Die Erfahrung lehrt, dass sich asymmetrische Verteilungskurven in der Art der beobachteten Funktion nicht selten in Normalverteilungen überführen lassen, wenn wir anstelle der ursprünglichen Messgröße deren Logarithmus einsetzen. Verteilungen, bei denen die *Logarithmen* der Messgrößen normal verteilt sind, bezeichnen wir in der Biometrie als *lognormal*.

Um zu prüfen, ob die Insektenzahlen lognormal verteilt sind, entnehmen wir der Tab. 4 die Logarithmen der Insektenzahlen und berechnen nach dem Beispiel in Tab. 5 die Häufigkeitsverteilung der Logarithmen. Die graphische Darstellung der Häufigkeitsverteilung zeigt eine glockenförmige Verteilungskurve (Abb. 6 a). Die Probittransformation der kumulierten Häufigkeitsverteilung beschreibt in der graphischen Darstellung eine Gerade (Abb. 6 b). Die beobachtete Verteilung weicht nur im Rahmen des Zufalles von der Normalverteilung ab; liegt doch die Wahrscheinlichkeit zwischen $P = 0,30$ und $P = 0,20$ (Tab. 7, Kol. D). *Wir dürfen deshalb annehmen, dass die Insektenzahlen lognormal verteilt sind.*

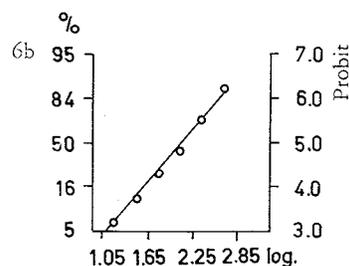
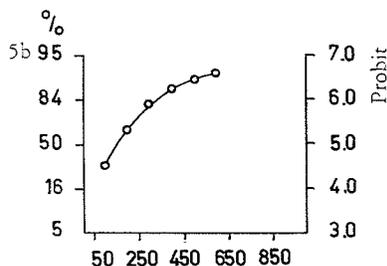
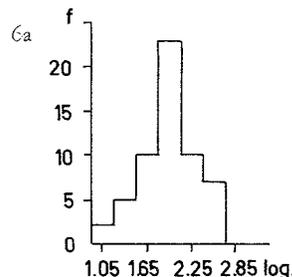
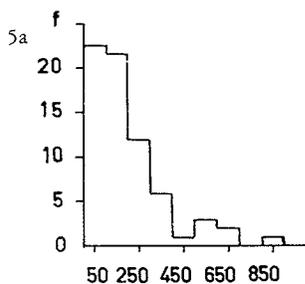


Abb. 5a. Häufigkeitsverteilung der Insektenzahl. — Abb. 5b. Probittransformation der kumulierten Häufigkeitsverteilung.

Abb. 6a. Häufigkeitsverteilung des Logarithmus der Insektenzahl. — Abb. 6b. Probittransformation der kumulierten Häufigkeitsverteilung.

Es bietet einige Schwierigkeiten, diesen mathematischen Befund mit biologischen Vorstellungen zu verbinden.

Aus Abb. 6b (Probittransformation der kumulierten Häufigkeiten) entnehmen wir, dass folgende drei Punkte auf der eingezeichneten Probitgeraden liegen:

Probit 4,0	(16%)	Logarithmus 1,62	(Numerus 42)
Probit 5,0	(50%)	Logarithmus 2,11	(Numerus 129)
Probit 6,0	(84%)	Logarithmus 2,70	(Numerus 398)

Aus diesen Angaben schliessen wir, dass 16% aller Vierballenproben 42 oder weniger Insekten umfassen, während ein gleicher Prozentsatz (100% — 84%) Insektenzahlen von 398 und mehr aufweist. Der Numerus 129 entspricht dem Durchschnitt der Logarithmen aller 70 Einzelwerte.

Die gleiche Beziehung können wir auch dahin formulieren, dass zwei Drittel aller Auszählungen Werte ergeben, die zwischen den Grenzen 42 und 398 liegen, wobei der Durchschnitt der Zahl 129 entspricht.

Diese theoretischen Ableitungen lassen sich am Beobachtungsmaterial überprüfen. Bei einer Gesamtzahl von 70 Stichproben sollte je ein Sechstel unter der Grenze von 42 oder über der Grenze von 398 Insekten pro Vierballenprobe liegen. Eine Kontrolle der Tab. 4 ergibt 15 Proben mit einem Logarithmus $\leq 1,62$ und 7 Proben mit einem Logarithmus $\geq 2,70$. Die Abweichungen der beobachteten Werte 15 und 7 vom Erwartungswerte $70/6 = 11,7$ liegen nach dem χ^2 -Test (LINDER, 1951) noch im Rahmen des Zufalles.

Die biometrisch belegte Feststellung, dass die beobachteten Insektenzahlen und die Einzelwerte der Vierballengewichte zwei verschiedenen Verteilungsfunktionen folgen, wirkt verblüffend. E. SUTTER hat denn auch in einem Brief die Frage aufgeworfen, ob der Ornithologe dieses Faktum einfach hinzunehmen habe oder ob dieser biometrische Befund eine einleuchtende Bedeutung finden könnte.

Die Bearbeitung der angeschnittenen Frage ergab eine Lösung des Widerspruches unter der einfachen Annahme, dass die sammelnde Mehlschwalbe Insek-

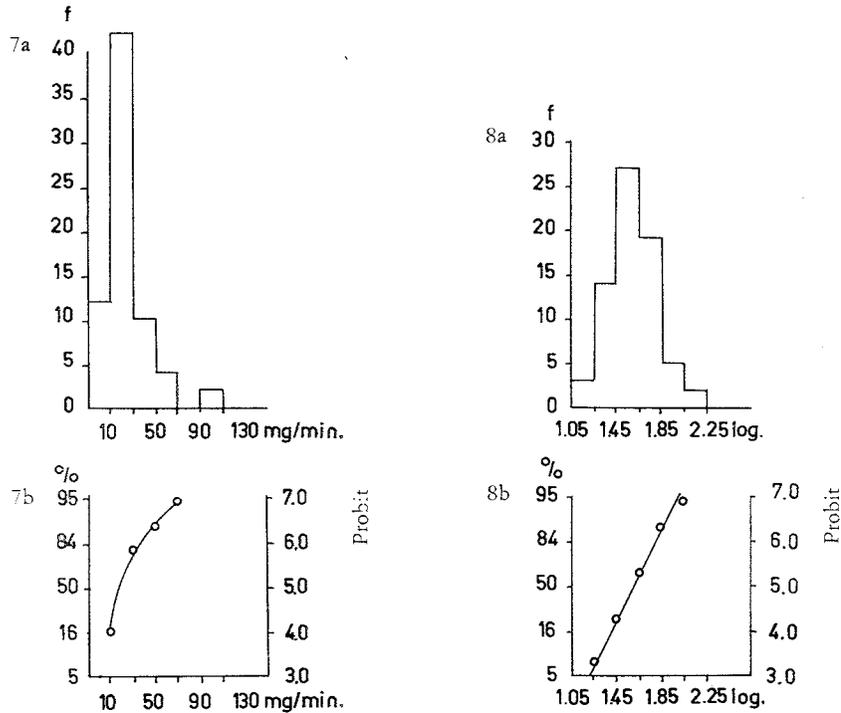


Abb. 7a. Häufigkeitsverteilung der Leistung. — Abb. 7b. Probittransformation der kumulierten Häufigkeitsverteilung.

Abb. 8a. Häufigkeitsverteilung des Logarithmus der Leistung. — Abb. 8b. Probittransformation der kumulierten Häufigkeitsverteilung.

ten einer einheitlichen Grösse jagt, wobei sie sich das eine Mal auf den Fang grosser Beutetiere, das andere Mal auf die Jagd nach kleinen Insekten einstellt. Die Mehlschwalbe wählt auf ihren Sammelflügen Insekten einer bestimmten Grösse; ob im Sinne einer Prägung das zuerst gefangene Beutetier als Muster dient oder ob ganz einfach das in Überzahl befindliche, zur betreffenden Zeit schwärmende Insekt gefangen wird, bleibe in diesem Zusammenhang dahingestellt.

Da die allgemeine theoretische Bearbeitung dieses interessanten Wahlproblems zur Zeit noch nicht abgeschlossen ist, wird die Beweisführung erst in einer späteren Arbeit veröffentlicht.

c. Häufigkeitsverteilung der Leistungen

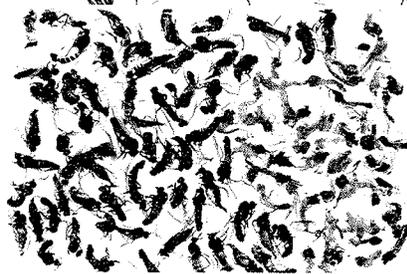
Neben dem Vierballengewicht und der Gesamtzahl der Insekten in der Vierballenprobe führen wir eine neue Messgrösse, die Leistung des Altvogels, ein. Die Leistung wird berechnet, indem wir das Vierballengewicht in Milligrammen durch die zugehörige Sammelzeit in Minuten dividieren.

Wie die Häufigkeitsverteilung der Insektenzahlen ist auch die Häufigkeitsverteilung der Leistungen asymmetrisch verteilt (Abb. 7a). Die Probittransformation der kumulierten Häufigkeitsverteilung zeigt eine sich nach oben abflachende Kurve (Abb. 7b). Die Berechnungen ergeben, dass die Wahrscheinlichkeit für die Normalität der Verteilungsfunktion unter $P = 0,001$ liegt (Tab. 7, Kol. D). Die Kurve darf daher nicht als normal betrachtet werden.

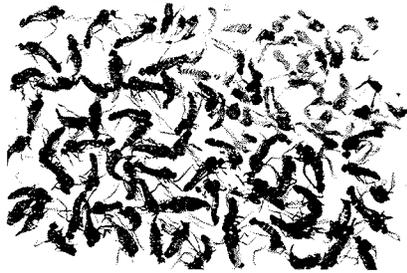
(A)
3 Min.
170 mg
43 Ex.



(B)
4 Min.
170 mg
126 Ex.



(A)
5 Min.
150 mg
115 Ex.



(B)
7 Min.
100 mg
78 Ex.



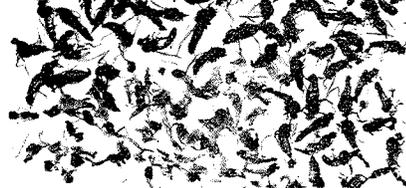
(B)
4 Min.
140 mg
102 Ex.



(A)
6 Min.
200 mg
7 Ex.



(B)
13 Min.
100 mg
40 Ex.



(B)
7 Min.
170 mg
136 Ex.



Am frühen Morgen gesammelte Futterballenserie der Mehlschwalbe. Beispiel für *Normalfütterung* (Serie 4, 13. Juli 1959, Zeit 7.15 bis 7.52 Uhr). Die Ballen enthalten vorwiegend die Fliegenart *Hilara* und Schwarmmücken; die grossen Insekten sind Köcherfliegen. — Jedes Bildchen zeigt den Inhalt eines Futterballens. Die Angaben am Rand bezeichnen den sammelnden Altvogel (A oder B), die Sammelzeit (in Minuten), das Gewicht des Futterballens (in Milligramm) und die Anzahl der im Futterballen enthaltenen Insekten. Die Zusammensetzung nach Insektengruppen ist der Tab. 2 (Seite 6) zu entnehmen.

(B)
15 Min.
210 mg
356 Ex.



(A)
17 Min.
250 mg
359 Ex.

(B)
18 Min.
220 mg
372 Ex.

(A)
15 Min.
270 mg
369 Ex.

(B)
9 Min.
130 mg
168 Ex.



(B)
9 Min.
90 mg
10 Ex.

(A)
7 Min.
460 mg
81 Ex.

(B)
6 Min.
100 mg
16 Ex.

(A)
7 Min.
290 mg
54 Ex.

(A)
8 Min.
290 mg
75 Ex.

(A)
8 Min.
380 mg
66 Ex.

Zwei am Vormittag gesammelte, mehrheitlich aus Blattläusen bestehende Futterballenserien der Mehlschwalbe. Beispiel für *Normalfütterung*. — *Links*: Serie 23 (25. Juni 1960, Zeit 9.26 bis 10.26 Uhr), vorwiegend mit kleinen grünen Blattläusen. — *Rechts*: Serie 21 (18. Juni 1960, Zeit 8.49 bis 9.37 Uhr), vorwiegend mit grossen dunkelgrünen Blattläusen. — (Vgl. Tabelle 2 und Erläuterungen zu Tafel 1.)

(A)
10 Min.
270 mg
44 Ex.



(B)
13 Min.
270 mg
69 Ex.



(B)
6 Min.
240 mg
29 Ex.



(A)
9 Min.
240 mg
72 Ex.



(B)
6 Min.
160 mg
17 Ex.



(A)
4 Min.
220 mg
15 Ex.



(B)
8 Min.
160 mg
60 Ex.



(A)
8 Min.
170 mg
47 Ex.

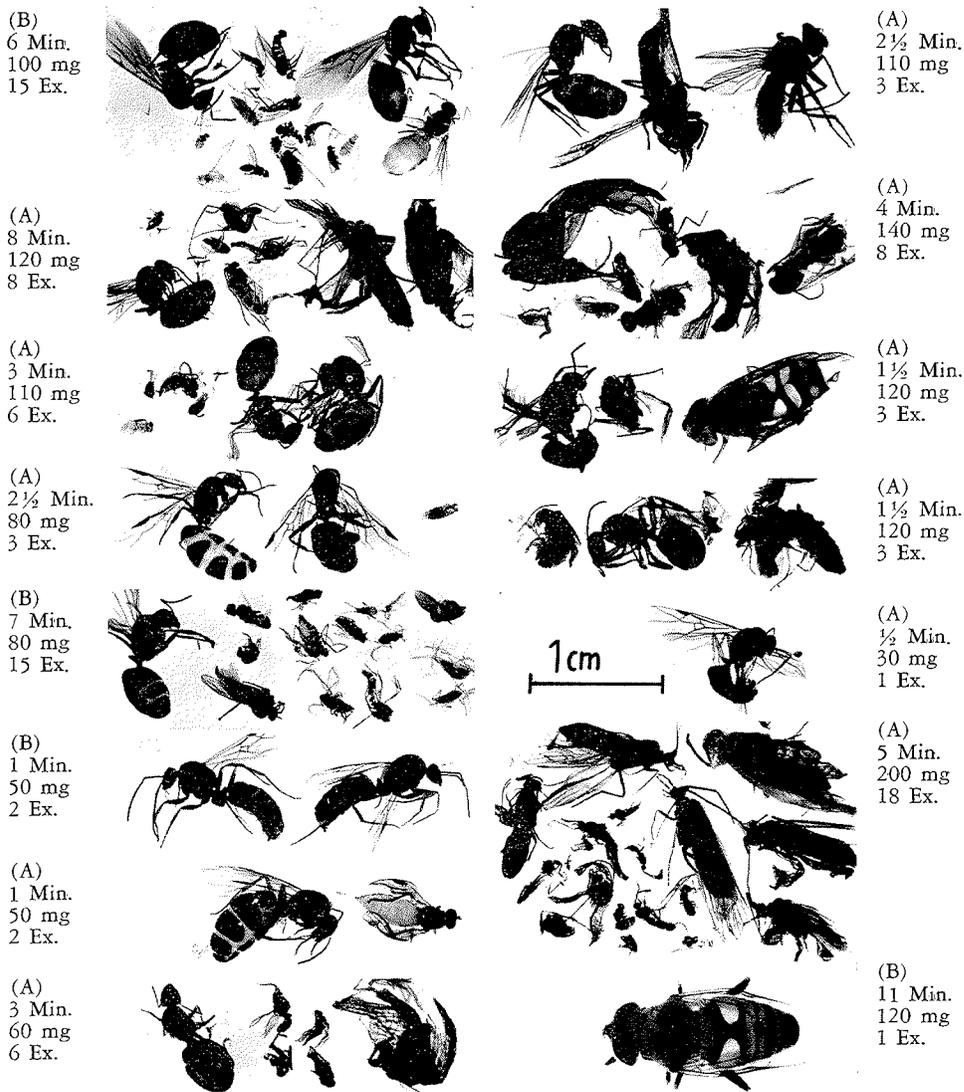


(B)
10 Min.
230 mg
49 Ex.



(A)
12 Min.
210 mg
79 Ex.

Am späteren Nachmittag gesammelte Futterballenserie der Mehlschwalbe. Beispiel für *Normalfütterung* (Serie 53, 17. Juni 1959, Zeit 16.20 bis 17.05 Uhr). Der fünfte Futterballen (links unten) enthält nebst Insekten auch Steinchen und Erde. (Vgl. Tabelle 2 und Erläuterungen zu Tafel 1.)



Am Vormittag gesammelte Futterballenserie der Mehlschwalbe. Beispiel für *Schnellfütterung* bei sonnigem Wetter (Serie 29, 14. Juli 1959, Zeit 9.03 bis 9.38 Uhr). Die grossen Insekten sind Flugameisen, Schwebefliegen und Köcherfliegen, bei den kleinen handelt es sich um Fliegen, Mücken und Blattläuse. (Vgl. Tabelle 3 und Erläuterungen zu Tafel 1.)

(B)
3 Min.
170 mg
13 Ex.



(B) (B)
1 Min. 2 Min.
60 mg 50 mg
1 Ex. 1 Ex.



(B)
3 Min.
100 mg
15 Ex.



(A)
10 Min.
130 mg
3 Ex.



(A)
4 Min.
170 mg
4 Ex.



(B)
10 Min.
150 mg
30 Ex.



(A)
2 Min.
130 mg
6 Ex.



(B)
2 Min.
200 mg
2 Ex.



(A)
3 Min.
250 mg
3 Ex.



(A)
2 Min.
150 mg
2 Ex.



(B)
4 Min.
110 mg
3 Ex.



(B)
2 Min.
40 mg
1 Ex.



(B)
10 Min.
190 mg
9 Ex.

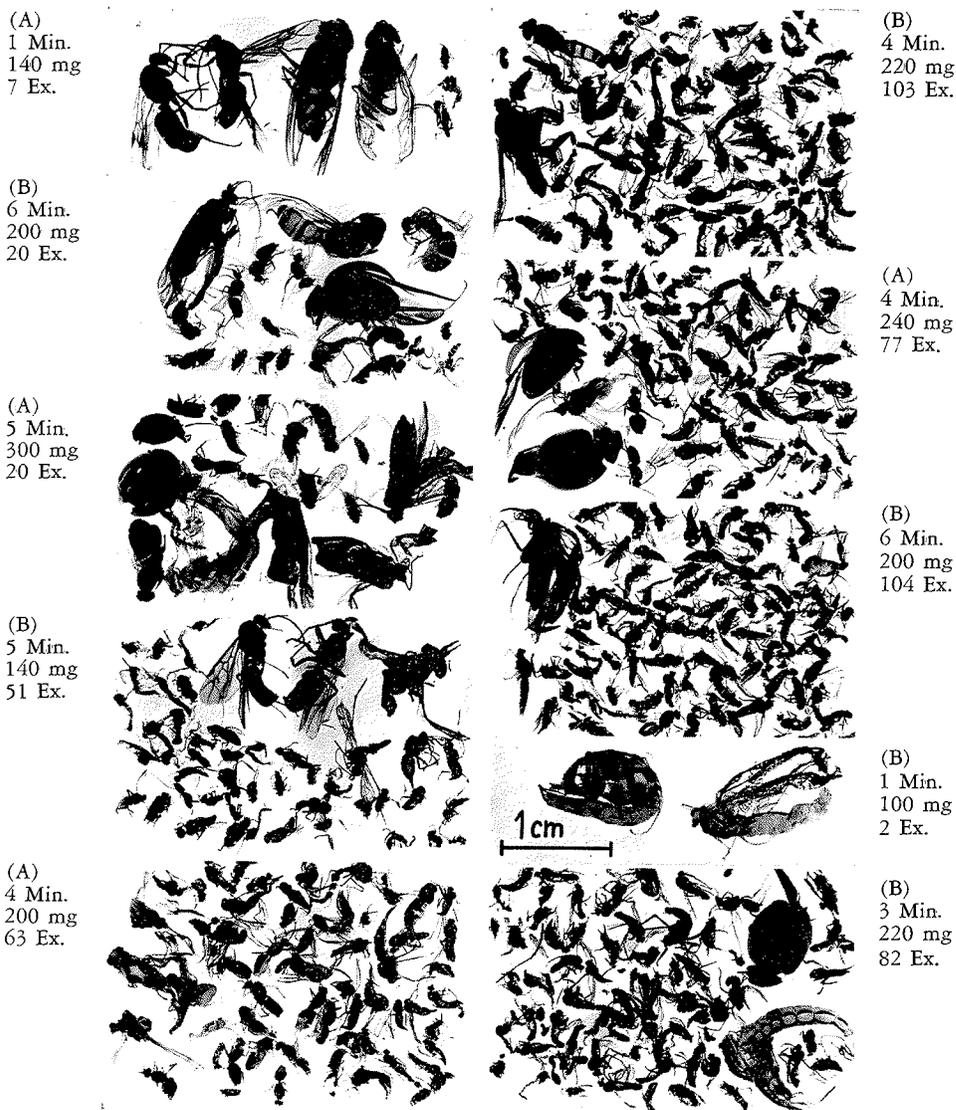


(A)
14 Min.
90 mg
1 Ex.



(B)
2 Min.
190 mg
3 Ex.

Am frühen Nachmittag gesammelte Futterballenserie der Mehlschwalbe. Beispiel für *Schnellfütterung* bei sonnigem Wetter (Serie 47, 17. Juli 1959, Zeit 13.53 bis 14.32 Uhr). Unter den grossen Insekten treten Schwebefliegen, Flugameisen, Marienkäfer und andere Käfer, unter den kleineren verschiedene Fliegen, Zikaden und Blattläuse hervor. (Vgl. Tabelle 3 und Erläuterungen zu Tafel 1.)



Am Abend gesammelte Futterballenserie der Mehlschwalbe (Serie 87, 13. Juli 1959, Zeit 18.14 bis 18.36 Uhr). Diese Serie zeigt die Umstellung von der Schnellfütterung zur Normalfütterung und zugleich den Übergang von den wärmeliebenden Insekten des Nachmittags (Schwebefliegen, Flugameisen, Marienkäfer) zu den feuchtigkeitsliebenden Formen des Abends (Fliegenart *Hilara*, Schwarmmücken, Köcherfliegen). (Vgl. Tabelle 3 und Erläuterungen zu Tafel 1.)

Durch die logarithmische Transformation der Messwerte gelingt es, die Verteilung zu normalisieren. Die Häufigkeitsverteilung in Abb. 8 a erscheint symmetrisch; die Probittransformation der kumulierten Verteilung beschreibt eine Gerade (Abb. 8 b). Die beobachteten Häufigkeiten weichen nur im Rahmen des Zufalles von der Normalverteilung ab; liegt doch die Wahrscheinlichkeit nach Tab. 7, Kol. D zwischen $P = 0,90$ und $P = 0,80$. *Die Leistungen sind daher lognormal verteilt.* Für statistische Vergleiche sind deshalb die Logarithmen der Einzelwerte in die Prüfformeln einzusetzen.

Um diesen Befund zu deuten, folgen wir den gleichen Überlegungen wie bei der Diskussion der lognormalen Verteilung der Insektenzahl. Aus der Probittransformation der kumulierten Häufigkeitsverteilung lesen wir zu Probit 4,0 (16%) den Wert 1,28, für Probit 6,0 (84%) den Wert 1,70 ab. Der Durchschnitt ergibt sich aus Tab. 7, Kol. A zu 1,49; er lässt sich übrigens auch aus Abb. 8 b als Abszisse des Schnittpunktes Probit 5,0 mit der eingezeichneten Probitgeraden ermitteln. Die logarithmische Differenz zwischen dem Durchschnitt und den beiden Grenzen Probit 4,0 und 6,0 beträgt 0,21 logarithmische Einheiten.

Den drei Logarithmen 1,28, 1,49 und 1,70 entsprechen die Numeri 19, 31 und 50 mg/min. Wir deuten den Befund in folgender Weise: Bei einer Durchschnittsleistung von 31 mg/min fallen 2/3 aller Einzelwerte zwischen die Grenzen von 19 mg/min und 50 mg/min; ein Sechstel aller Bestimmungen liegt unterhalb, ein Sechstel oberhalb dieses Bereiches.

Die Überprüfung anhand der Tab. 4 ergibt, dass bei einer Gesamtzahl von 70 Werten 12 Bestimmungen unterhalb von 19 mg/min liegen, in 9 Fällen jedoch Werte über 50 mg/min auftreten. Diese beobachteten Häufigkeiten weichen nur zufällig vom erwarteten Wert 11,7 ab.

TABELLE 6. Berechnung von Durchschnitt D und Standardabweichung s für die Vierballengewichte.

Klassenbereich (in mg)	Klassenmitte (in mg)	Häufigkeit pro Klasse f_i	Klassen- nummer z_i	$f_i \times z_i$	$f_i \times z_i \times z_i$
A	B	C	D	E	F
250 — 449	350	9	—2	—18	36
450 — 649	550	17	—1	—17	17
650 — 849	750 = M_0	18	0	0	0
850 — 1049	950	13	1	13	13
1050 — 1249	1150	7	2	14	28
1250 — 1449	1350	4	3	12	36
1450 — 1649	1550	2	4	8	32
Klassenbreite $d = 200$	Gesamtzahl $N = 70$			$O = 12$	$P = 162$

Die Klassennummer 0 wird nach freier Wahl einer Klasse in der Nähe des Durchschnittes D zugeschrieben.

$$\text{Durchschnitt } D = M_0 + \frac{d \times O}{N} = 750 \text{ mg} + \frac{200 \times 12}{70} \text{ mg} = 750 \text{ mg} + 34,3 \text{ mg} = 784,3 \text{ mg}$$

$$\text{Streuung } s^2 = \frac{d^2}{(N-1)} \left(P + \frac{O^2}{N} \right) = \frac{200^2}{69} \left(162 - \frac{144}{70} \right) = 200^2 \times \frac{159,95}{69} = 200^2 \times 2,32$$

$$\text{Standardabweichung } s = \sqrt{s^2} = \sqrt{200^2 \times 2,32} = 200 \times \sqrt{2,32} = 200 \times 1,52 = \pm 304 \text{ mg}$$

$$\text{Standardabweichung } s \text{ in } \% \text{ von Durchschnitt } D = \frac{304 \times 100}{784,3} \% = 39 \%$$

Berechnung von Durchschnitt und Standardabweichung für die Häufigkeitsverteilungen der Beobachtungsgrössen

Normalverteilungen lassen sich durch *Durchschnitt und Standardabweichung* eindeutig charakterisieren. Für die biometrische Bearbeitung von Messwerten wird man daher routinemässig die beiden statistischen Masszahlen berechnen. Mit Vorteil führt man dabei die Berechnungen nach dem in Tab. 6 dargestellten Schema durch, das den DOCUMENTA GEIGY (1960, p. 161) entnommen ist.

Die Zusammenstellung von Durchschnitten und Standardabweichungen für die verschiedenen Messgrössen finden sich in Tab. 7, Kol. A und B.

TABELLE 7. Durchschnitte \bar{D} und Standardabweichungen s für die verschiedenen biologischen Messgrössen.

Mass	\bar{D}		s	s in % von \bar{D}	Wahrscheinlichkeit von P im Test auf Nichtnormalität
	A	B			
Sammelzeit	27	\pm 12	Minuten	44	0,10 > P > 0,05
Insektenzahl	197	\pm 170	Insekten	85	0,05 > P > 0,01
Vierballengewicht	784	\pm 304	mg	39	0,60 > P > 0,50
Leistung des Altvogels	34	\pm 20	mg/min.	59	0,001 > P
log Insektenzahl	2,11	\pm 0,45		21	0,30 > P > 0,20
log Leistung	1,49	\pm 0,22		15	0,90 > P > 0,80

Die Beurteilung der Streuungsverhältnisse

Die Standardabweichung s geht als Streuungsmass in die gebräuchlichsten biometrischen Prüfverfahren ein. Kleine Werte von s erlauben, geringe Unterschiede zwischen Vergleichsgruppen zu sichern; grosse Werte schaffen dagegen ungünstige Voraussetzungen. Die praktische Erfahrung lehrt, dass man für quantitative Untersuchungen in der Biologie nur Messgrössen wählen sollte, deren Standardabweichung weniger als 20% des Durchschnittes der Kontrollen ausmacht.

Für die in Frage stehenden Messgrössen sind diese Prozentsätze in Tab. 7, Kol. C aufgeführt. Die Zusammenstellung zeigt, dass von den sechs Messgrössen nur der *Logarithmus der Leistung* dieser Anforderung genügt. Da diese Messgrösse zudem *normal verteilt* ist, empfiehlt es sich, *den Logarithmus der Leistung als geeignetes Mass für die Schätzung der eingetragenen Futtermenge heranzuziehen*.

Beziehungen zwischen dem Logarithmus der Leistung und der Sammelzeit

Eine Durchsicht der Kol. H in Tab. 4 zeigt, dass die Leistungen und damit auch ihre Logarithmen (Kol. I) von der Sammelzeit abhängen. *Bei kurzen Sammelzeiten (Schnellfütterung) sind die Leistungen grösser als bei Normalfütterung*.

Gelingt es, durch eine biometrische Analyse die Beziehung zwischen der Leistung oder ihrem Logarithmus und der Sammelzeit eindeutig zu klären, so bietet sich die Möglichkeit, durch eine Anflugkontrolle der beiden Altvögel die eingetragene Futtermenge zu schätzen, ohne die Futterballen wägen zu müssen.

Um die Beziehung zwischen den beiden Grössen zu erkennen, untersuchen wir die *Regression zwischen der Sammelzeit und dem Logarithmus der Leistung*. In einem Koordinatensystem tragen wir zu jeder Sammelzeit den entsprechenden

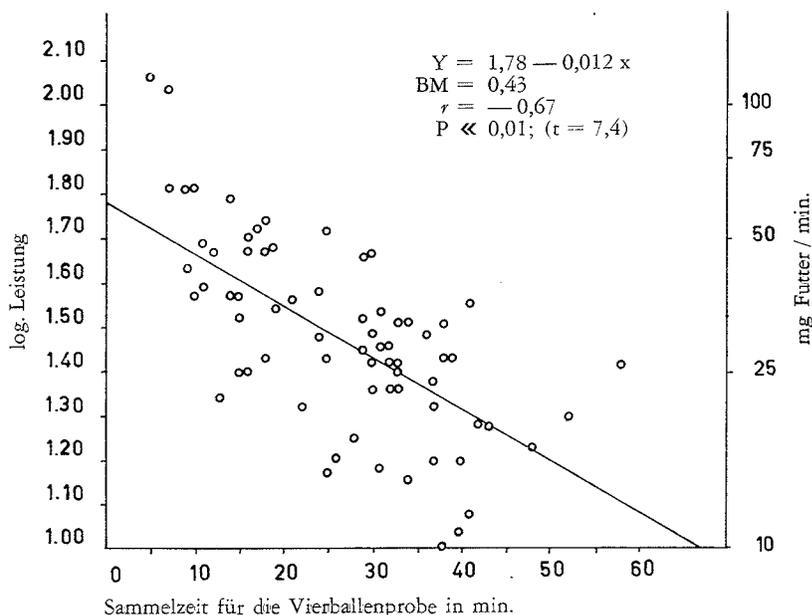


Abb. 9. Regression zwischen dem Logarithmus der Leistung und der Sammelzeit für die Vierballenprobe. BM = Bestimmtheitsmass; r = Korrelationskoeffizient = \sqrt{BM} .

Logarithmus der Leistung auf. Die Zahlenwerte dazu finden sich in den Kol. B und I der Tab. 4. Als Ergebnis erhalten wir die graphische Darstellung in Abb. 9, die uns zeigt, dass bei zunehmender Sammelzeit der Logarithmus der Leistung gleichmässig abnimmt.

Es erhebt sich die Frage, ob der Logarithmus der Leistung *umgekehrt proportional* zur Sammelzeit absinkt. Eine Proportionalität besteht, wenn die Messpunkte der Abb. 9 mit genügender Bestimmtheit auf einer Geraden liegen.

Zur Lösung des Problems wenden wir das biometrische Verfahren der einfachen, linearen Regression an (LINDER, 1951). Aus den Berechnungen ergibt sich die in Abb. 9 eingezeichnete Regressionsgerade mit der Gleichung

$$Y = 1,78 - 0,012 x.$$

Im weiteren berechnen wir das *Bestimmtheitsmass* B zu 0,43 und den *Korrelationskoeffizienten* $r = -0,67$. Die Regression ist mit einer Wahrscheinlichkeit von $P < 0,01$ statistisch gesichert.

Aus der Gleichung der linearen Regression entnehmen wir, dass bei Zunahme der Sammelzeit für die Vierballenprobe der Logarithmus der Leistung um 0,012 logarithmische Einheiten abnimmt. Diese Feststellung bedeutet, dass die Leistungen zu den beiden Sammelzeiten t Minuten und $(t + 1)$ Minuten sich verhalten wie 1,000 : 0,995.

Schätzung der eingetragenen Futtermenge

Von der Frage ausgehend, ob für Futterschätzungen von der Zahl der eingetragenen Insekten auszugehen sei oder ob Schätzungen anhand des Gewichtes der

TABELLE 8. Durchschnittlich von einem Vogel eingetragene Futtermenge (nach Abb. 10).

Anflüge pro Stunde	Sammelzeit für 4 Ballen in Minuten	Leistung in mg pro Minute	Futtermenge pro Stunde in g
4	60	11,5	0,69
8	30	26,5	1,59
12	20	34,5	2,07
16	15	40,0	2,40
20	12	43,5	2,61
24	10	46,0	2,76
30	8	48,0	2,88

Futterballen vorteilhaft wären, führt die biometrische Bearbeitung zum Schluss, dass die Sammelleistung der beiden Altvögel die günstigsten Voraussetzungen für eine solche Schätzung bietet. Der Grund liegt darin, dass das Gewicht der eingetragenen Futterballen von der Sammelzeit abhängt; bei kurzer Sammelzeit werden leichte Ballen zum Nest geschafft; bei verlängerter Sammelzeit bringt die Mehlschwalbe grössere Futterballen ein. Die Leistung ändert sich dabei umgekehrt proportional zur Sammelzeit, sofern die Leistung in logarithmischem Mass gemessen wird. Bei rascher Fütterungsfolge steigt daher das Gesamtgewicht der eingetragenen Futtermenge gesetzmässig an, obwohl gleichzeitig das Gewicht der einzelnen Futterballen absinkt.

Diese Beziehung zwischen der Leistung des Altvogels und der Sammelzeit, wie sie oben im einzelnen begründet wurde, erlaubt uns, ein Verfahren zur Schätzung der Futtermenge aufzubauen.

Ersetzen wir in Abb. 9 die Logarithmen der Leistung durch die absoluten Werte, so erhalten wir anstelle der Geraden eine *Leistungskurve* (Abb. 10), aus welcher wir zu jeder Sammelzeit die zugehörige Leistung in mg/min direkt ablesen können. Für die in Frage stehende Sammelzeit berechnet sich die eingetragene Futtermenge als Produkt von Sammelzeit mal Leistung.

Bei fortlaufender, zeitlich lückenloser Kontrolle über die Fütterung durch die beiden Altvögel lässt sich nach diesem Verfahren die eingetragene Gesamtfuttermenge zuverlässig schätzen, wenn diese Elterntiere individuell gezeichnet und die Anflüge getrennt registriert werden. Das Verfahren ergibt sich aus Tabelle 9.

TABELLE 9. Beispiel für die Schätzung der Futtermenge.

Anflüge des fütternden Altvogels	Sammelzeit für 1 Ballen in Minuten	Sammelzeit T für 4 Ballen in Minuten	Leistung L für Sammelzeit T in mg/min	Futtermenge T×L in mg
09.43	6	29	27	783
09.49	10			
09.59	6			
10.05	7	14	41	574
10.12	3			
10.15	4			
10.19	5			
10.24	2			
10.26	5	25	30	750
10.31	6			
10.37	6			
10.43	8			
10.51	11	39	21	819
11.02	6			
11.08	12			
11.20	10			
11.30	10			
				2926 mg

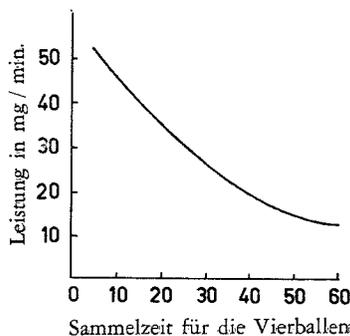


Abb. 10. Beziehung zwischen Leistung und Sammelzeit.

ZUSAMMENFASSUNG

Im *ersten Teil* der Arbeit werden Daten über die Fütterungsfrequenz sowie über Gewicht, Insektenzahl und Sammelzeit der Futterballen von Mehlschwalben, *Delichon urbica*, zusammengestellt.

Die Zahl der Fütterungen pro Tag bewegt sich zu Beginn der Aufzuchtzeit um 150. Bis zum 12. Tag, zu welchem Zeitpunkt das Hudern eingestellt wird und somit beide Altvögel sich ganz der Futterbeschaffung widmen können, steigt sie etwa auf den doppelten Wert.

Bei sonnigem Wetter mit vermehrtem Angebot grösserer Insekten erfolgt eine weitere Zunahme der Fütterungsfrequenz, indem die Altvögel von der Normalfütterung zur Schnellfütterung übergehen: Bei der *Normalfütterung* (meist 8—15 Anflüge pro Stunde und Paar) werden nach längerem Sammelflug umfangreiche Futterballen eingetragen, bei der *Schnellfütterung* (30—50 Anflüge pro Stunde und Paar) wenige, in Nestnähe erbeutete grössere Insekten.

Auch die statistische Prüfung ergibt einen Hinweis auf das Bestehen zweier verschiedener Fütterungsrhythmen, doch ist der Befund noch nicht gesichert (S. 13).

Im *zweiten Teil* der Arbeit wird am Beispiel des vorliegenden Beobachtungsmateriales gezeigt, wie in einem unübersichtlichen Fall durch biometrische Analyse von Fütterungsdaten ein Verfahren zur Schätzung der eingetragenen Futtermenge gefunden werden kann.

Den Berechnungen wird als Einheit die Vierballenprobe zugrunde gelegt; sie entspricht der Summe der Daten von je vier vom gleichen Altvogel nacheinander eingetragenen Futterballen.

Für die untersuchten Grössen, nämlich Sammelzeit, Vierballengewicht, Insektenzahl und Sammelleistung, werden die Häufigkeitsverteilung (Abb. 3—8) sowie die Durchschnittswerte und Standardabweichungen (Tab. 7) ermittelt.

Als Mass für die Schätzung der Futtermenge eignet sich der *Logarithmus der Leistung*; die Leistung wird als Quotient aus dem Gewicht der Vierballenprobe und der zugehörigen Sammelzeit (vgl. S. 16) berechnet und in mg Futter/Minute/Altvogel ausgedrückt.

Zwischen dem Logarithmus der Leistung und der Sammelzeit besteht eine *lineare Regression*; die Leistung nimmt umgekehrt proportional zur Sammelzeit ab,

Diese Beziehung lässt sich für die Schätzung der eingetragenen Futtermenge auswerten. Wir führen für eine ausgewählte Beobachtungsperiode eine lückenlose, zeitliche Anflugkontrolle der Altvögel am Nest. Die Sammelzeiten für je vier aufeinanderfolgende Fütterungen durch den gleichen Altvogel werden addiert; zu diesen Sammelzeiten der Vierballenproben lesen wir aus Abb. 10 die zugehörigen Leistungen ab. Die erhaltenen Leistungen werden mit der Sammelzeit multipliziert; die Summe dieser Produkte ergibt die Schätzung für die eingetragene Futtermenge (vgl. Tab. 9).

Ein Nebenergebnis folgt aus dem Befund, dass die Einzelwerte der Vierballengewichte eine normale, diejenigen der Insektenzahlen aber eine lognormale Häufigkeitsverteilung zeigen: Die sammelnde Mehlschwalbe scheint jeweils Insekten einer einheitlichen Grössenklasse zu wählen, wobei sie sich während einer Reihe von Jagdflügen bald auf grössere, bald auf kleinere Beutetiere einstellt.

LITERATUR

- BLISS, E. (1935 a): Ann. appl. Biology 22: 134—167.
 — (1935 b): Ann. appl. Biology 22: 307—333.
- DOCUMENTA GEIGY (1960): Wissenschaftliche Tabellen. Basel. 6. Aufl.
- FISHER, R. A. & YATES, F. (1957): Statistical tables for biological, agricultural and medical research. Edinburgh & London. 5. Aufl.
- GUNTEN, K. VON (1961): Zur Ernährungsbiologie der Mehlschwalbe, *Delichon urbica*: Die qualitative Zusammensetzung der Nahrung. Orn. Beob. 58: 13—34.
- LINDER, A. (1951): Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure. Basel. 2. Aufl.

KURZE MITTEILUNGEN

Eine Zweitbrut beim Haubentaucher. — In unserem Lande sind nur wenige Gewässer bekannt, die bloss ein einziges Paar Haubentaucher, *Podiceps cristatus*, als Brutvögel beherbergen. Dort ist es aber möglich, allerlei Beobachtungen anzustellen, die an Seen mit mehreren oder vielen Brutpaaren ausgeschlossen sind. Man müsste Haubentaucher schon gut sichtbar individuell markieren, um einzelne Paare über längere Zeit verfolgen zu können. Das ist aber technisch fast nicht durchführbar. Am Dittligsee, westlich von Thun (7,2 ha, 652 m ü. M.), brütet seit Jahren ein einziges Paar. Da ich diesen Kleinsee täglich überblicken kann, war es in den Jahren 1960 und 1961 möglich, das Brutleben unserer Art etwas näher zu betrachten. Beide Jahre brachten eigentlich nicht normale Verhältnisse. 1960 fiel ein Altvogel — das Männchen — aus, und das Weibchen zog zwei von den ursprünglich drei Jungen allein auf (vgl. Orn. Beob. 57: 190, 1960). 1961 brütete das gleiche Paar zweimal. Die Jungen beider Bruten kamen erfolgreich hoch.

Fast in allen Handbüchern liest man Angaben über Zweitbruten beim Haubentaucher. Einwandfreie Beweise zu liefern ist aber der oben angegebenen Gründe wegen recht schwierig. Herr Dr. U. GLUTZ VON BLOTZHEIM war so freundlich, mir mitzuteilen, dass er in den Materialien für das Brutvogelbuch der Vogelwarte Sempach solche eindeutige Nachweise für Zweitbruten aus der Schweiz nicht finden konnte. Vermutungen liegen aber recht viele vor. So scheint es mir lohnenswert, auf die Verhältnisse am Dittligsee im Jahr 1961 näher einzugehen.

Bereits am 10. Februar — der See war gerade erst zu einem kleinen Teil aufgefroren — erschien der erste Haubentaucher, noch im Winterkleid. Am 11. Februar war die Eisdecke wieder geschlossen und der Vogel verschwunden. Am Morgen des 12. Februar hatte sich wieder offenes Wasser gebildet, und prompt traf ich wieder einen Taucher an. Dieser einzelne Vogel blieb dann bis zum 25. Februar. Am 14. Februar — der See war nun grösstenteils eisfrei — beobachtete ich zwei neue Haubentaucher, die bereits weitgehend das Brutkleid trugen. Schon an diesem Tag zeigten sie Balzhandlungen. Diese zwei Taucher sollten dann bleiben und brüten. Anscheinend waren diese Vögel bereits verpaart eingetroffen. Der sehr frühe Frühling beschleunigte die Vorbereitungen zur Brut stark. Bereits ab 27. Februar begann die Auswahl des Nistplatzes. Die beiden Haubentaucher schwammen oft an einer bestimmten, etwa 20 Meter langen Strecke des Schilfgürtels auf und ab. Ich vermutete, dass dort das Nest errichtet werden würde. Ich täuschte mich nicht. Am 10. März fingen dort die Vögel mit Bauen an. Am seeseitigen Rand des etwa einen Meter breiten Schilfgürtels wuchs der Bau heran. Er liess sich von weitem einsehen. Vom 23. März an wurde gebrütet. Um die Haubentaucher nicht zu vergrämen, besuchte ich das Nest bloss einmal. Drei Eier bil-