Die Schutzeinrichtungen der Samen und Früchte gegen unbefugten Vogelfraß.

Von

Oberlehrer Dr. phil. **Willy Liebmann**, Ilmenau.

II. Teil.

Versuche mit nichtfleischigen Samen und Früchten.

Während der erste Teil[1]) der vorliegenden Arbeit Versuche mit fleischigen Früchten behandelte, soll der zweite Teil solche mit nichtfleischigen Samen und Früchten bringen.

Zu dieser Trennung der Samen und Früchte in fleischige und nichtfleischige hatte uns die Einteilung der Vögel in „Weichfresser“ und „Körnerfresser“ veranlaßt. Die letzteren können ihre Nahrung häufig durch scharfe Schnabelränder von ihrer harten Schale befreien und dann in kleine Stückchen zerbeißen, sowie im Kropfe aufweichen und durch einen gut ausgebildeten Muskelmagen zermalmen; die ersteren dagegen sind wegen ihrer stumpfen Schnabelränder und ihres dünnen Muskelmagens nur dazu fähig, nachgiebigeres Futter zu verdauen. Daher vertilgen die Weichfresser neben anderer Nahrung nur fleischige Früchte (Beeren- und Steinfrüchte, saftige Sammel- und Scheinfrüchte), die Körnerfresser aber nur nichtfleischige Samen und Früchte (Körner).

Wir fanden ferner, daß die Kerne der Fleischfrüchte auch nach dem Verzehren durch Weichfresser noch keimfähig sind und zugleich an einen anderen Ort gelangen. Bei den Körnern aber zeigte sich, daß ein solcher Vorteil für die Pflanze nicht eintritt, sondern daß im Gegenteil die aufgenommenen Samen und Früchte infolge der weitgehenden Zerkleinerung durch die Körnerfresser nur in

---

1) Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft 1910, Heft 2, p. 445—510.

seltenen Ausnahmefällen entwicklungsfähig bleiben. Aus diesen Tatsachen zogen wir die Folgerung, daß es für die Pflanzen nützlich ist, wenn die Fleischfrüchte Einrichtungen zur Anlockung für den befugten Fraß der Weichfresser, die nichtfleischigen Samen und Früchte jedoch Mittel zum Schutze gegen den unbefugten Fraß der Körnerfresser besitzen. Im ersten Teile der Arbeit wurde unter weitgehendster Berücksichtigung der in Frage kommenden anatomischen und physiologischen Verhältnisse bei Vögeln über die Anlockungsmittel berichtet; bei dem vorliegenden zweiten Teile aber dürfen wir in der Regel nur Schutzeinrichtungen erwarten.

Endlich möchte ich noch kurz an die für die Nahrungsaufnahme wichtigen Sinnesorgane der Vögel erinnern. Wir konnten feststellen, daß zwar das Auge von größter Bedeutung ist, daß aber Geschmack und Geruch die Tiere gewöhnlich im Stiche lassen. Auch die Einwirkung mechanisch verletzender Gebilde (Rhaphiden, Borstenhaare usw.) auf das Gefühl des Schnabels und Verdauungsapparates ist unwesentlich. Der Schutz gegen Vögel ist daher, von besonderen Fällen abgesehen, nicht zu suchen in der chemischen Beschaffenheit der Samen und Früchte oder dem Vorhandensein von spitzen Nadeln usw.; solche Einrichtungen sollen hier häufig gar nicht erwähnt werden. Um so mehr aber müssen wir unser Augenmerk auf die Farbe und Sichtbarkeit der Samen und Früchte richten; auch dürfen wir noch in der großen Härte vieler Schalen, der selbst der Schnabel der Körnerfresser nicht gewachsen ist, einen wirksamen Schutz gegen Vögel vermuten.

Die nichtfleischigen Samen und Früchte sind also nicht an den Tierfraß, speziell Vogelfraß, angepaßt und müssen lästige Feinde fernzuhalten suchen. Wie aber schon am Anfang der Arbeit hervorgehoben wurde, bieten alle Schutzeinrichtungen nur einen relativen, keinen absoluten Schutz. Man darf sich deshalb nicht wundern, wenn man durch Beobachtungen findet, daß große Mengen nichtfleischiger Samen und Früchte, besonders kleinere, den körnerfressenden Vögeln als willkommene Speise dienen. Diese Tatsache ist für die Landwirtschaft von weittragendster Bedeutung, weil auf diese Art zahllose Unkrautsamen vernichtet werden. Die aufgeworfene Frage ist schon oft der Gegenstand eifriger Untersuchungen gewesen. Viele Forscher haben einerseits zahlreiche Wahrnehmungen über die einzelnen in

Betracht kommenden Vögel und Samenarten zusammengetragen und andererseits erörtert, ob die Keimfähigkeit der Körner erhalten bleiben kann oder nicht. Als wichtigste Literatur über beide Punkte sind unter anderem folgende Schriften anzuführen: KERNER. Pflanzenleben II, Leipzig 1891, p. 799; SYLVESTER D. JUDD. Birds as Weed Destroyers. (Yearbook of Department of Agriculture for 1898), p. 221—232; HOLMBOE, Notizen über die endozoische Samenverbreitung der Vögel (Nyt Magazin f. Naturvidensk., Christiania 1900, Heft 4), p. 303—320; RÖRIG, Magenuntersuchungen land- und forstwirtschaftlich wichtiger Vögel. (Arbeiten aus der Kaiserl. Biol. Anstalt f. Land- und Forstwirtsch., Bd. I, Berlin 1900); KEMPSKI, Über endozoische Samenverbreitung und speziell die Verbreitung von Unkräutern durch Tiere auf dem Wege des Darmkanals. (Diss., Rostock 1906); BIRGER, Über endozoische Samenverbreitung durch Vögel (Svensk Botanisk Tidskrift, Stockholm 1907); SCHWARTZ, Beiträge zur Ernährungsbiologie unserer körnerfressenden Singvögel. (Arbeiten a. d. Kaiserl. Biol. Anstalt f. Land- und Forstwirtsch., Bd. VI, Berlin 1908); RÖRIG, Die wirtschaftliche Bedeutung der Vogelwelt als Grundlage des Vogelschutzes (Mitteilungen a. d. Kaiserl. Biol. Anstalt f. Land- und Forstwirtsch., Heft 9, Berlin 1910). Weitere reichhaltige Literaturangaben enthalten die zitierten Arbeiten.

Alle genannten Autoren haben entweder Beobachtungen der Tiere im Freien vorgenommen, oder Versuche in Käfigen angestellt, oder den Kropf-, Magen- und Darminhalt von geschossenen Vögeln untersucht. Es ist hier nicht möglich, bei jedem Samen und jeder Frucht alle einzelnen Vogelarten wiederzugeben, die sie verzehrt haben; wohl aber soll nochmals betont werden, daß in der angeführten Literatur die Einbuße der Keimfähigkeit bei fast allen aufgenommenen Samen und Früchten wiederholt und völlig einwandfrei nachgewiesen worden ist.

Einzelne Forscher sind allerdings anderer Meinung, sprechen sie jedoch gewöhnlich nur ganz nebenbei aus, z. B. DAMMER[1]), BRUYNING[2]) und NOBBE[3]).

---

1) DAMMER, Polygonaceen-Studien. I. Die Verbreitungsausrüstungen der Polygonaceen. (ENGLERS botanische Jahrbücher 1892, p. 279.)

2) BRUYNING, Beiträge zur Kenntnis unserer Landbausämereien. Die Hartschaligkeit der Samen des Stechginsters (Ulex europaeus). Journal für Landwirtschaft, Bd. XLI.

3) NOBBE, Handbuch der Samenkunde, Berlin 1876, p. 39.

Dammer deutet die „derbe, glatte, unbenetzbare Oberhaut", welche vielen Polygonaceenfrüchten eigen ist, als eine Ausrüstung zur endozoischen Verbreitung durch Tiere, speziell Vögel, wenigstens bei solchen Arten, für die eine Verbreitung durch Wasser nicht in Frage kommt. Er stellt auch fest, daß unverletzte Früchte von Polygonum aviculare durch 50%ige Salzsäure nicht geschädigt werden und folgert daraus, daß der Magensaft der Vögel solchen Früchten, die unzerkleinert in den Magen gelangen, nichts anhaben könne. — Ebenso findet Bruyning, daß hartschalige Samen, z. B. Ulex europaeus, gegen Stutzers Pepsinlösung und Pankreasextrakt sehr widerstandsfähig sind; aus dieser Tatsache zieht er Schlüsse auf die Verbreitung der Art durch Vögel.

Dagegen ist einzuwenden, daß bei den Körnerfressern das Hauptgewicht nicht zu legen ist auf die Wirkung der Verdauungssäfte, sondern auf den zerreibenden Einfluß des Muskelmagens. Aus diesem Grunde dürfte auch bei den Polygonaceen und bei Ulex europaeus nur selten einmal ein Korn keimfähig wieder nach außen gelangen; Kempskis Versuche (l. c. p. 112ff.) bestätigen diese Vermutung gerade auch für Polygonum- und Rumex-Arten.

Nobbe endlich glaubt, daß manche besonders hartschalige, schwer quellbare Schließfrüchte wegen ihrer glatten Oberfläche den Darmkanal vieler Tiere ohne Schädigung passieren, vielleicht sogar mit gesteigerter Quellkraft. Versuche hat er nicht angestellt, sodaß hier nichts hinzugefügt zu werden braucht, zumal er nicht ausspricht, welche Tiere er im Auge hat.

Auch einige andere Gelehrte haben an geeigneter Stelle ähnliche Gedanken ausgesprochen; ein näheres Eingehen auf alle würde zu weit führen und ist nicht nötig. Meines Erachtens dürfte nur bei ganz besonders widerstandsfähigen Körnern ein nennenswerter Teil der völligen Vernichtung entrinnen.

Ehe wir die eigentliche Aufgabe unseres zweiten Teiles in Angriff nehmen können, ist noch eine gewisse Einschränkung an dem Satze zu machen, daß der Vogelfraß bei nichtfleischigen Samen und Früchten immer unbefugt sei.

Große und nahrhafte Samen und Früchte, z. B. Bucheckern, Eicheln, Kastanien, Haselnüsse, Walnüsse, Zirbelnüsse, denen Verbreitungseinrichtungen der gewöhnlichen Art fehlen, werden

nach FOCKE[1]), KERNER[2]), LUDWIG[3]), SERNANDER[4]) und anderen Autoren von gewissen Tieren, hauptsächlich Säugetieren und Vögeln, eifrig aufgesucht. Die große Menge Reservematerial nützt dem Keimling verhältnismäßig wenig. Es werden nicht etwa immer kräftigere Pflanzen erzeugt, wie HILDEBRAND[5]) glaubt. Das geht schon daraus hervor, daß auch die winzigen Samen von Salix alba und Populus nigra große und kräftige Bäume liefern. (FOCKE, l. c. p. 102.) Wohl aber ist der reichliche Gehalt an Nährstoffen für die Tiere wichtig und soll durch Anpassung an sie entstanden sein. Damit die Tiere nicht schon kommen, ehe die Samen reif und keimfähig sind, werden sie zu dieser Zeit durch besondere stachelige Hüllen geschützt, z. B. bei Kastanien, Roßkastanien und Buchen. Später fallen die Samen aus den bergenden Organen heraus und sind den Nachstellungen der Tiere viel mehr ausgesetzt als vorher: sie sollen eben gefressen werden.

Weil diese Samen zum sofortigen Verspeisen zu groß und schwer sind, werden sie von den Tieren (Nußhäher, Eichelhäher, Tannenhäher, Eichhörnchen, Hamster u. a.) absichtlich fortgeschleppt, sei es, um ihre harte Schale in einem ruhigen Schlupfwinkel ohne Gefahr zu öffnen und ihren Inhalt auszufressen, sei es, um sie für die Zeit der Not, also besonders den Winter, in einem sicheren Verstecke aufzuspeichern. Sollten unterwegs Angriffe durch Feinde erfolgen, so gehen auf der Flucht manche noch unverletzte Keime verloren, ebenso auch beim Öffnen der harten Schale. Ab und zu kann auch eine Vorratskammer vergessen werden oder durch den Tod ihres Besitzers verwaisen. Auf diese Art haben die Samen und Früchte ihre Verbreitung gefunden, meist allerdings nur über kurze Strecken. SERNANDER (l. c. p. 449) hat für diese Ausbreitung den Namen „synzoisch“ vorgeschlagen im Gegensatz zu „epizoisch“ und „endozoisch“[6]), weil eine absichtliche Mitwirkung der beteiligten Tiere nötig ist.

---

1) FOCKE, Die Verbreitung der Pflanzen durch Tiere. Kosmos V, 1881, p. 101—105.

2) KERNER, Pflanzenleben II, Leipzig 1891, p. 801—802.

3) LUDWIG, Lehrbuch der Biologie der Pflanzen, Stuttgart 1895, p. 374—375.

4) SERNANDER, Zur Verbreitungsbiologie der skandinavischen Pflanzenwelt. Upsala 1901, p. 449—452.

5) HILDEBRAND, Die Verbreitungsmittel der Pflanzen, Leipzig 1873, p. 130f.

6) Vgl. Teil I, p. 447.

Ausführlich erörtert SERNANDER auch eine ähnliche bewußte Verschleppung von zahlreichen kleineren Samen und Früchten durch Ameisen; hierbei liegen die Verhältnisse aber wiederum ganz anders.

Die synzoische Verbreitung durch Tiere, speziell Vögel, ist wesentlich verschieden von der endozoischen. Während hier sämtliche Kerne am Leben bleiben, werden dort alle diejenigen Keime vernichtet, die in den Körper der Tiere gelangen, denn es handelt sich ja nur um Körnerfresser (oder Säugetiere), welche ihre Nahrung vollständig zerkleinern, und höchstens durch Zufall können einzelne Samen der Zerstörung entgehen. Viele Samen und Früchte müssen also geopfert werden, um einige wenige zu retten; man darf allerdings nicht vergessen, daß aus ihnen oft große, langlebige Gewächse[1]) entstehen (Buche, Eiche, Kastanie, Haselnuß, Walnuß, aber auch Sonnenblume, Mais und Bohne).

Die zufällige Erhaltung wird um so leichter sein, je härter die Schale ist, je mehr Zeit und Mühe mithin das Tier aufwenden muß, ihres Inhaltes teilhaftig zu werden; auch werden schwerere Samen den Tieren leicht entgleiten können. Bei der synzoischen Verbreitung sind also zwar Anlockungseinrichtungen vorhanden, nämlich, soweit es Vögel (und Säugetiere) angeht, Größe und Nahrhaftigkeit, in einigen Fällen sogar auffällige Färbung (Sonnenblume, manche Bohnenarten); gleichzeitig aber stellen sich auch Schutzeinrichtungen ein, besonders harte Beschaffenheit der Schalen und beträchtliches Gewicht.

Einige Samen und Früchte zeigen übrigens synzoische Verbreitung durch kleinere Tiere und gleichzeitig Flugeinrichtungen, so manche Coniferen und Carpinus betulus. Aus dieser Vereinigung zweier Verbreitungseinrichtungen läßt sich die Entstehung der nahrhaften, schwersamigen Arten aus den fliegenden leicht erklären[2]).

Bezüglich der Disposition des folgenden sei bemerkt, daß bei unserem zweiten Teile eine Trennung der Samen und Früchte in reife und nichtreife nicht immer Vorteile bietet; beide sollen vielmehr oft gleichzeitig behandelt werden. Die nichtreifen Samen und Früchte kann man je nach dem Stande der Entwicklung bezeichnen als „unreife“ oder „halbreife“. — Die un-

1) HILDEBRAND, l. c. p. 132, und FOCKE, l. c. p. 102.
2) FOCKE, l. c. p. 103.

reifen sind noch klein und haben wenig Reservestoffe eingelagert. Die halbreifen weisen die Größe der ausgereiften Körner auf und besitzen bereits alle Nahrungsstoffe für den Keimling; dagegen ist ihre Schale noch nicht erstarkt, sondern viel nachgiebiger als die der reifen. Da für unsere Zwecke die Wandung von größter Bedeutung ist, sollen im folgenden die halbreifen Samen stets mit zu den nichtreifen gerechnet werden.

Empfehlenswert ist die Anordnung der Versuche nach Familien, denn die Glieder einer Familie zeigen häufig auch in bezug auf die Schutzeinrichtungen gegen Vogelfraß gewisse Ähnlichkeit miteinander. Begonnen wird mit den Familien der Compositen und Dipsaceen, dann folgen die Gramineen und Cyperaceen, ferner die Umbelliferen, die Leguminosen, und endlich sollen alle übrigen Familien gemeinsam besprochen werden.

Zu Experimenten mit trockenen Samen und Früchten darf man selbstverständlich nur Körnerfresser verwenden. Bei den hier geschilderten Versuchen nahm ich gewöhnlich mehrere Exemplare von Stieglitz (Carduelis elegans) und Dompfaff (Pyrrhula europaea); häufig waren auch Feldsperling (Passer montanus) und einige Meisenarten gut brauchbar, die neben weichem Futter auch gern Körner[1]) verzehren (Kohl-, Blau- und Sumpfmeise: Parus major, caeruleus und fruticeti). Bisweilen wurden aber auch andere Vögel zu Experimenten herangezogen.

Wichtig ist, daß den Tieren neben den Versuchsobjekten fast immer noch das tägliche Futter zur Verfügung stand. Nur gelegentlich war vor Beginn der Versuche die Nahrung auf etwa eine halbe Stunde[2]) entzogen worden; wirklichen Hunger aber dürften die Vögel nur in den wenigen Fällen verspürt haben, auf die ausdrücklich hingewiesen werden wird.

Endlich möchte ich hinzufügen, daß unter besonders günstigen Bedingungen auch im Freien experimentiert werden konnte; diese Befunde sind natürlich wertvoller als solche im Käfige. Wo das nicht gelang, suchte ich die Beobachtungen an gefangenen Tieren nach Möglichkeit durch Wahrnehmungen in der Natur zu ergänzen; leider versagte auch diese Art der Untersuchung häufig, besonders bei kleinen Körnern. Ebenso stellten sich auch im Käfige oft Schwierigkeiten ein, da beim Verzehren der Samen ganz allgemein störende Schalenreste zurückblieben.

---

1) Vgl. Teil I, p. 451.
2) Vgl. Teil I, p. 486—487.

1. Versuche mit Compositen und Dipsaceen.

Eine Familie, die von Vögeln besonders gern heimgesucht wird, ist die der Compositen; daher zeigt gerade diese Familie die verschiedensten Organe zum Schutze gegen solchen unbefugten Vogelfraß. Bei den reifenden Früchten finden sich besonders drei Einrichtungen: eine grüne Hülle, frisch bleibende Blumenkronen und ein dichter Haarfilz; die ausgereiften Früchte sind anders geschützt. Als typische Beispiele möchte ich Tragopogon pratensis (Hülle), Helianthus annuus (bleibende Blumenkronen) und Carlina acaulis (Haarfilz) näher erläutern; mit diesen Früchten läßt sich besonders deshalb gut experimentieren, weil sie verhältnismäßig groß sind.

Bei Tragopogon pratensis sind die reifenden Früchte unter einem Hüllkelche verborgen, welcher aus langen, grünen Blättern gebildet wird und nach oben zu in eine Spitze ausläuft.

Auf diese Hülle hat bereits Stahl[1]) aufmerksam gemacht, zwar nicht beim Wiesenbocksbart speziell, sondern ganz allgemein bei den „meisten einheimischen Compositen". Schon ihre Farbe, die sich von dem Grün der umgebenden Blätter nicht abhebt, ist als eine Schutzeinrichtung gegen Vogelfraß aufzufassen, wie wir früher erkannten (Teil I, p. 474).

Nach Entfernung des grünen Hüllkelches gelangt man zu den in Entwicklung begriffenen Früchten, die vom gestielten Pappus gekrönt werden. Solche unreife Früchte sehen grün aus und sind nur wenig widerstandsfähig; man könnte sie fast saftig nennen, natürlich ohne dabei an eine solche Fülle von Flüssigkeiten zu denken, wie sie die Fleischfrüchte besitzen.

Versuche mit isolierten halbreifen Früchten von Tragopogon zeigten, daß sie von allen Versuchstieren (Stieglitz, Dompfaff, Feldsperling, Meisenarten) unter Zurücklassung der geöffneten Schalen mit größtem Appetit verzehrt wurden. An einen chemischen Schutz ist also, selbst vor der Reife, nicht zu denken, und die mechanische Beschaffenheit bietet den Tieren kein nennenswertes Hindernis.

Aber nicht die Farbe der Hülle allein ist es, welche die reifenden Früchte schützt. Der Hüllkelch verbirgt sie nicht nur, sondern er leistet noch mehr. Er ist mechanisch so fest, daß auch solche Körnerfresser, welche durch Erfahrung wissen,

1) Stahl, Pflanzen und Schnecken, Jena 1888, p. 102.

daß unter ihm etwas Genießbares versteckt ist, selten durch ihn hindurchbeißen können. Die oben genannten Tiere vermochten halbreifen Fruchtständen mit Hülle nicht beizukommen, trotzdem sie es wiederholt mit größtem Eifer versuchten. Um natürliche Bedingungen zu geben, war es nötig, die Stengel mit den Fruchtständen vertikal im Käfig aufzustellen, denn bereits die Befestigung auf den schwankenden, senkrechten Stengeln, auf denen es nicht leicht ist, festen Fuß zu fassen, erschwerte den Tieren den Zugang zu den Früchten. Abgepflückte, aber noch mit Hülle versehene Fruchtstände wurden von den Vögeln zwischen die Zehen genommen; in dieser bequemen Lage hackten sie bisweilen so lange daran herum, bis die Hülle durchbrochen war und die Früchte frei dalagen. Der Stieglitz öffnete solche leicht zugängliche Fruchtstände ziemlich schnell, der Dompfaff langsamer, Sperling und Meisenarten überhaupt nicht.

Die natürliche, senkrechte Stellung kann man dadurch erreichen, daß man den Stengel in einen durchbohrten Kork hineinschiebt und diesen auf dem Boden des Käfigs mit Siegellack anklebt; leider pflegen die Tiere das Ganze nach kurzer Zeit umzureißen. Auch durch Anbinden der Fruchtstände von oben her sind keine besseren Erfolge zu erzielen; es ist eben im Käfige wegen der räumlichen Beschränkung häufig nicht möglich, dieselben Bedingungen wie in der Freiheit zu geben [1]). So kam es, daß z. B. der Stieglitz die Fruchtstände bald zwischen den Krallen hatte und nun mit Hilfe des Schnabels die Hülle und die einzelnen Früchte zerpflückte. In der Natur dürften solche Vorkommnisse selten sein; sicherlich können sich manche Vögel, wie z. B. der plumpe Dompfaff, auf dem senkrechten, durch jeden Windstoß bewegten Stengel nicht niederlassen. Immerhin findet man bisweilen auch draußen im Freien halbreife Fruchtstände von Scorzonera hispanica — einer Pflanze, die sich ganz ähnlich wie Tragopogon verhält —, welche von Vögeln seitlich aufgehackt und z. T. ausgefressen sind. Wahrscheinlich haben wir in diesem Spezialisten [2]) den gewandten Stieglitz oder einen ähnlichen Vogel zu vermuten, der sich Kenntnis von der leckeren Nahrung unter der Schutzhülle erworben hat und durch seinen spitzen Schnabel befähigt ist, die Hülle zu durchdringen.

Nach der Reife haben sich die Verhältnisse gänzlich geändert. Der Hüllkelch beginnt zu welken und breitet sich bei

1) Vgl. Anhang, Teil I.
2) Vgl. Teil I, p. 446.

trockenem Wetter auseinander; die Früchte, mit dem Pappus versehen, kommen zum Vorschein und fliegen mit dem Winde davon. Die vorher so nachgiebige grüne Schale ist braun und hart geworden. Denselben Vögeln, die die halbreifen Früchte mühelos vertilgt hatten, stellten sich jetzt unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen; sie mühten sich ab, die Früchte zu öffnen, aber wegen der Festigkeit der Schale ohne Erfolg. Geschälte Früchte fanden mehr Anklang, weil die inneren Teile weicher sind; ebenso fraß der Stieglitz Früchte, welche der Länge nach halbiert waren, unter Zurücklassung der Schalen vollständig auf. Chemische Schutzeinrichtungen können also auch in den reifen Früchten nicht mitwirken, wenigstens nicht bei Vögeln.

Es wäre möglich, daß andere Vögel, die ich nicht verwenden konnte, imstande wären, die harte Schale aufzubeißen. Für diesen Fall ist dann die braune Farbe von höchstem Werte, welche die vom Winde zerstreuten, also einzeln am Boden liegenden Früchte den Augen der Tiere entzieht.

Als zweites typisches Beispiel soll, wie bereits erwähnt, Helianthus annuus dienen. Während bei den meisten Blütenpflanzen die Blütenblätter nach der Befruchtung nutzlos geworden sind und daher abfallen oder zum mindesten vertrocknen, bleiben die Blumenkronen bei der Sonnenrose noch lange in frischem, nicht welkem Zustande haften und überdecken schützend die sich entwickelnden Früchte. Außerdem biegen sich die äußeren, grünen Hüllblätter über dem ganzen Fruchtkorbe zusammen, soweit es irgend möglich ist; sie sind jedoch nicht groß genug, um sämtliche Früchte zu verbergen, so daß die Mitte frei bleiben muß. Allmählich beginnen die Früchte zu reifen, und zwar von außen her ringförmig nach innen zu. Erst wenn die Früchte völlig ausgereift sind, fangen die Blüten an, zu vertrocknen, sitzen dann nur noch locker fest und werden endlich durch das Schütteln des Windes oder durch andere Umstände entfernt; gleichzeitig schlagen sich die Hüllblätter zurück. Da die Reife von außen nach innen zu fortschreitet, haften die Blumenkronen in der Mitte noch ganz fest, wenn sie außen bereits abgefallen sind; es würde also gar nichts nützen, wenn die Hüllblätter auch bis über die innersten Früchte reichten. Endlich fällt noch auf, daß die Fruchtstände durch die Reife schwerer werden und sich senken; die Stengel biegen sich um, und die Früchte schauen jetzt nach unten.

Durch näheres Überlegen ist leicht einzusehen, daß alle geschilderten Einrichtungen im Dienste des Schutzes der Früchte gegen unbefugten Vogelfraß stehen; entsprechende Experimente bestätigen diese Vermutung. Solange die Blüten noch festsitzen, wird man niemals einen Vogel auf dem Fruchtstande finden; sie können ja die Früchte nicht sehen und würden auch nicht fähig sein, ihnen beizukommen. Bei Versuchen mit freigelegten halbreifen Einzelfrüchten vertilgte sie jedes angewandte Tier gern (Stieglitz, Dompfaff, Feldsperling, Meisenarten); natürlich blieben zahlreiche Reste der jetzt noch leicht durchdringbaren Schalen zurück. Ähnliches ergab sich, wenn man im Freien an einem von Vögeln viel besuchten Orte einen Fruchtstand der Sonnenblume seiner Blüten durch Abstreifen mit den Fingern teilweise beraubte, so daß die halbreifen Früchte zum Vorschein kamen. Nach kurzer Zeit waren alle sichtbaren Früchte abgeholt.

Auch das Herabhängen der Fruchtstände kann in gewisser Beziehung als Schutzeinrichtung gelten. Während sich nämlich bei aufrechter Stellung alle Vögel leicht niedersetzen könnten, ist es in der tatsächlich vorhandenen Lage nur einigen wenigen, besonders geschickten Tieren möglich, sich festzuhalten und ein Korn nach dem anderen herauszuklauben, z. B. dem Stieglitz und Meisenarten. Vielleicht fällt es auch bei frühzeitigen Stadien besonders schwer, die erste Frucht aus dem Fruchtkorbe herauszuholen, weil die Körner ganz dicht gedrängt beieinander stehen und sich erst später etwas lockern.

Nach dem Abfallen der Blumenkronen, also nach der Reife, sind die Fruchtschalen ziemlich widerstandsfähig. Manche Körnerfresser mit wenig leistungsfähigem Schnabel, welche im Käfig geschälten reifen Früchten eifrig nachstellten, konnten durch die harte Fruchtwand nicht hindurchbeißen, z. B. Sperling, häufig auch Dompfaff. Trotzdem werden bekanntlich gerade die reifen Fruchtstände besonders gern von vielen Vögeln geplündert, z. B. von Stieglitz, Kohl- und Sumpfmeise. Läßt sich nun diese Tatsache für die Pflanze als vorteilhaft auffassen?

An den reifen Früchten von Helianthus ist die Farbe besonders merkwürdig. Sie sehen nicht etwa erdfarben, sondern weiß aus und sind manchmal auch mit dunklen Streifen versehen; es scheint also, als sollte die Frucht nicht verborgen bleiben, sondern ähnlich wie die Fleischfrüchte ins Auge fallen. Ferner kommt der Mangel einer jeglichen Verbreitungseinrichtung hinzu; nichts ist zu entdecken, was auf eine Verbreitung durch den

Wind, oder eine epizoische oder endozoische Verbreitung durch Tiere hindeutete. Dafür aber zeichnen sich die Früchte vor anderen durch ihre Größe und Nahrhaftigkeit aus.

Es liegt nahe, hier an die synzoische Verbreitungsart zu denken, die ich oben näher schilderte. Unsere Vermutung wird bestärkt, wenn wir die Tiere beim Verzehren der reifen Früchte im Freien beobachten. Die Meisenarten klammern sich an den Fruchtstand, picken ein Korn heraus und fressen es nicht etwa sofort, sondern fliegen auf einen nahegelegenen Baum; dort wird durch mühsames Hämmern mit dem Schnabel die Frucht geöffnet und ihres Inhaltes beraubt. Wie leicht geht bei dieser Arbeit, oder auch schon auf dem Wege zum sicheren Orte, vielleicht gar bereits beim Herausklauben aus dem Fruchtstande, ein entwicklungsfähiger Keim verloren, und die Pflanze ist gelegentlich des absichtlichen Verschleppens verbreitet worden.

Bisweilen verhält sich der Stieglitz ähnlich wie die Meisenarten. Manchmal aber bleibt er ruhig am Fruchtstande hängen, besonders wenn letzterer noch nicht die volle Reife erlangt hat, holt eine Frucht nach der anderen heraus, knackt die Schale auf und verzehrt das Innere. Also auch bei Helianthus scheint er die Rolle eines Spezialisten zu spielen.

Das beim Vogelhändler käufliche Futter des Dompfaffs enthält ebenfalls Früchte der Sonnenblume. Häufig sind sie „gequetscht", d. h. die Schalen sind durch eine Mühle zertrümmert. Ist das nicht der Fall, so kann er sie gewöhnlich erst nach vielen vergeblichen Versuchen aufknacken.

Reife Früchte von Helianthus besitzen also eine gewisse Härte, die aber nicht groß genug ist, um synzoische Verbreitung unmöglich zu machen. Selbst dieser mäßige Widerstand wird von den Vögeln als eine unangenehme Beigabe empfunden, denn alle Versuchstiere (Stieglitz, Dompfaff, Meisenarten) suchten sich aus einer Mischung von reifen und halbreifen Helianthus-Früchten zunächst die halbreifen heraus und gingen dann erst an die reifen; merkwürdigerweise nahm der Stieglitz im Käfig überhaupt keine reifen Früchte auf. Auch draußen im Freien pflegen die Tiere am eifrigsten unmittelbar vor der Reife tätig zu sein, weil die Fruchtschalen noch nicht ganz erhärtet sind; die Blumenkronen sitzen dann nur noch locker auf und können mit den Schnäbeln leicht abgestreift werden.

Die dritte Art der Schutzeinrichtungen bei den Compositen, der dichte Haarfilz direkt über den Früchten, ist am besten ausgeprägt bei Carlina acaulis. Zwar besitzt die genannte Pflanze rings um den Blütenstand herum auch Hüllblätter; diese sind jedoch trocken und starr und breiten sich gewöhnlich flach aus, sodaß der ganze Fruchtstand bei trockenem Wetter ungeschützt ist. Dafür aber werden die reifenden Früchte durch einen undurchdringlichen Filz von senkrecht stehenden Haaren überdeckt, die teils aus Flughaaren, teils aus Spreublättern mit spitzen Borsten am Ende bestehen und eine beträchtliche Länge erreichen. Zu allem Überfluß bleiben häufig auch noch vertrocknete Blütenreste lange Zeit zwischen und über den Haaren haften.

Feinde können also die sich entwickelnden Früchte zunächst gar nicht sehen. Selbst wenn sie aber von ihrem Vorhandensein Kenntnis besäßen, so wäre es beim besten Willen nicht möglich, soweit vorzudringen, weil sich die Haare hindernd in den Weg stellen. Ich habe niemals einen Vogel auf einer solchen Pflanze beobachten können.

Bei Versuchen im Käfig wurden halbreife, völlig freigelegte Früchte von allen Versuchstieren sehr wohl gefressen. Wenn ich am ganzen Fruchtstande die Haare bis zur Höhe der Früchte mit einer Schere senkrecht zum Stengel abschnitt, gelang es dem Stieglitz mit Hilfe seines spitzen Schnabels, die begehrte Nahrung aus dem äußerst dicken Filzreste herauszuholen, der sich noch zwischen den Früchten befand; die anderen Vögel mühten sich vergeblich ab (Dompfaff, Meisenarten, Sperling). Ferner halbierte ich einen Fruchtstand von oben nach unten, also in der Längsrichtung der Haare, wodurch einige Früchte zum Vorschein kamen. Jetzt konnten sämtliche Vögel die oberflächlich gelegenen Früchte herauspicken und verspeisen; zu den tiefergelegenen aber vermochte keiner wegen der dichtgedrängten Haare zu gelangen. Ebensolche Fruchtstände im Freien an eine Stelle gelegt, wo sich viele Vögel herumzutummeln pflegten (in die Nachbarschaft von Helianthus annuus), lieferten denselben Befund wie im Käfig. Es ist also augenscheinlich, daß die undurchdringbaren Haare den halbreifen Früchten wesentlichen Schutz gewähren.

Nach der Reife entführt der Wind die mit Flughaaren versehenen Früchte. Da sie ziemlich hart sind, können sie von vielen Vögeln nicht geöffnet werden. Außerdem weisen sie eine erdbraune Schutzfärbung auf, die sie unauffällig macht.

Überblicken wir noch einmal kurz die bis jetzt gewonnenen Ergebnisse! Sowohl bei Tragopogon wie bei Helianthus und Carlina sind die reifenden Früchte von so weicher Beschaffenheit, daß sie dem Schnabel der Körnerfresser nicht gewachsen sind; auch chemische Schutzeinrichtungen scheinen zu fehlen. Infolgedessen haben sich besondere Schutzorgane herausgebildet, bei Tragopogon der grüne Hüllkelch, bei Helianthus die in frischem Zustande haften bleibenden Blumenkronen, und bei Carlina der undurchdringliche Haarfilz. Man kann demnach von einem Tragopogon-Typus, von einem Helianthus-Typus und von einem Carlina-Typus sprechen.

Aber auch bei den genannten Pflanzen sind die Typen nicht ganz rein ausgeprägt. Bei Tragopogon schauen, besonders in älteren Stadien, an der Spitze des Hüllkelches aus einer kleinen Öffnung die Pappushaare heraus, auch können gleichzeitig an derselben Stelle noch vertrocknete Blütenreste sitzen; in gewisser Beziehung sind also auch die beiden anderen Typen vertreten, denn die verwelkten Blüten tragen ebenfalls zum Schutze bei, wenn auch nicht in dem Maße wie frische. Helianthus zeigt einen unvollkommen ausgebildeten Hüllkelch und erinnert dadurch an den Tragopogon-Typus. Carlina endlich besitzt häufig noch Überbleibsel der Blumenkronen, allerdings in vertrocknetem Zustande, welche auf den Helianthus-Typus hinweisen. Wollten wir gar die zum Schutze gegen Vögel unwesentlichen Spreublätter (Spreuborsten) bei Helianthus und den in der genannten Hinsicht ebenfalls bedeutungslosen Hüllkelch bei Carlina mitrechnen, so würden auch bei diesen Pflanzen alle drei Typen vorhanden sein: bei jeder Pflanze ist jedoch der eine Typus von ganz besonderer Wichtigkeit.

Ausgereifte Früchte haben bei allen drei Pflanzen eine beträchtliche Härte erlangt, die viele Körnerfresser abzuwehren vermag. Sie ist aber nicht immer so groß, daß Vögel mit besonders kräftigem Schnabel unbedingt ferngehalten würden. Damit im Zusammenhang sind die Früchte von Tragopogon und Carlina braun gefärbt und werden hierdurch auf der Erde unauffällig; Helianthus aber ist wegen der besonderen Größe auf synzoische Samenverbreitung eingerichtet.

Fragen wir uns nach der stammesgeschichtlichen Entstehung aller dieser schützenden Gebilde, so können wir mit einiger Wahrscheinlichkeit aussprechen, daß sie ein im Kampfe ums Dasein erworbenes Züchtungsprodukt der Vögel (und Säugetiere)

darstellen, wenn auch andere verletzend wirkende Umstände noch beigetragen haben mögen (Wind, Hagel, Regen).

Endlich möchte ich noch auf einen wichtigen Unterschied aufmerksam machen, der sich zu den fleischigen Früchten ergibt. Wir fanden im ersten Teile (l. c. p. 500) die unreifen Früchte hart und die reifen weich, also gerade die umgekehrten Verhältnisse zu den nichtfleischigen Samen und Früchten. Dieser Gegensatz der beiden Fruchtarten wird erklärlich, wenn man ihr Verhalten zu den Vögeln und Säugetieren sowie ihre sonstige Organisation erwägt; die nichtfleischigen Samen sind ja während der Reife in den Fruchtknoten eingeschlossen, während die fleischigen Früchte leichter zugänglich sind.

Ganz ähnlich wie bei Tragopogon sind die Schutzeinrichtungen gegen Vogelfraß bei den meisten Compositen beschaffen, deren Blütenkörbe nur Zungenblüten enthalten, z. B. bei Scorzonera humilis und hispanica, Taraxacum officinale, Leontodon hispidus, Crepis biennis, Hieracium pilosella, Lactuca perennis, Cichorium intybus, Lampsana communis und vielen anderen Pflanzen. Die Fruchtstände aller dieser Gewächse sind also während der Reife von einem grünen Hüllkelche umgeben; zu erwähnen ist aber auch hier, daß an der Spitze überall der Pappus mehr oder weniger herausragt, also auch mitwirken kann, außer natürlich bei Cichorium und Lampsana, deren Früchte überhaupt keine Haarkrone haben. Gewöhnlich bleiben auch die vertrockneten Blütenreste eine Zeitlang auf dem Fruchtstande zurück.

Bei Versuchen mit isolierten halbreifen Früchten aller genannten Pflanzen wurden sie von sämtlichen Versuchstieren gern und mühelos genommen; auch die übrigen von Tragopogon bekannten Experimente lieferten dieselben Befunde.

Nach der Reife öffnen sich überall die Hüllen weit und die Früchte werden vom Winde davongeweht. Versuche mit solchen reifen Früchten ergaben nur bei den Scorzonera-Arten genügende Widerstandskraft gegen den Vogelschnabel. Taraxacum und die übrigen Früchte fielen allen verwendeten Tieren (Dompfaff, Stieglitz, Meisenarten) verhältnismäßig leicht zum Opfer; auch in der Natur werden sie massenhaft von Körnerfressern vertilgt, besonders im Winter, wo aber auch eine Schneedecke Schutz gewähren kann. Trotzdem weiß jeder, daß gerade die genannten Pflanzen zu unseren gemeinsten Unkräutern gehören. Das liegt daran, daß die Früchte

von der Pflanze in großen Mengen erzeugt werden und ausgezeichnete Flugorgane besitzen, wodurch sie weite Verbreitung finden und einzeln zu liegen kommen. Da sie außerdem klein sind und eine braune Farbe haben, können sie auf dem Erdboden nicht leicht entdeckt werden und entgehen so häufig der drohenden Vernichtung. Eine ähnliche Färbung sahen wir zwar auch bei Tragopogon, aber diese Pflanze hat größere Früchte, welche der Gefahr des Auffindens durch Vögel viel leichter preisgegeben sind als die winzigen Früchte von Taraxacum usw.; deshalb braucht Tragopogon einen erhöhten Schutz durch die harte Fruchtschale. — Auf diesen Schutz, welcher gewissen Samen und Früchten durch geringe Größe und unscheinbare Farbe gegen Vogelfraß gewährt wird, hat bereits Marloth[1]) kurz hingewiesen.

An den Helianthus-Typus schließen sich viele strahlenblütige Compositen an, also solche, welche am Rande Zungenblüten und in der Mitte Röhrenblüten tragen. Versuche stellte ich zunächst an mit Chrysanthemum leucanthemum, Bellis perennis, Arnica montana und Achillea millefolium; nähere Erläuterungen sind für diese Pflanzen zwecklos, weil die Beobachtungen wegen der Kleinheit der Blüten und Früchte nicht immer mit der gewünschten Sicherheit geführt werden konnten. Jedenfalls ergab sich kein Widerspruch zu den bisherigen Befunden.

Vor der Reife also sind die eben aufgezählten Pflanzen wie Helianthus durch unverwelkte Blumenkronen überdeckt; bei Achillea spielt der Hüllkelch wegen seiner besseren Ausbildung eine größere Rolle als bei Helianthus. Die reifen Früchte weisen die bei Taraxacum geschilderten Schutzeinrichtungen auf: massenhafte Erzeugung, geringe Größe und unscheinbares Aussehen.

Hervorheben möchte ich noch, daß Arnica und Achillea trotz ihres starken Geruches und Geschmackes, welche durch ätherische Öle bedingt werden, den Versuchstieren ebenso angenehm waren, wie alle anderen Früchte.

Zuverlässige Ergebnisse erhielt ich infolge der Größe der Fruchtstände bei Rudbeckia laciniata und Anthemis nobilis. Beide sind ähnlich wie Helianthus gebaut, enthalten aber, be-

---

1) Marloth, Über mechanische Schutzmittel der Samen gegen schädliche Einflüsse von außen. (Englers botanische Jahrbücher 1883 p. 256.)

sonders Rudbeckia, einen nach oben gewölbten Blütenboden, auch sind die Spreublätter wichtiger als bei der Sonnenblume. Die reifenden Fruchtstände ermöglichten dieselben Wahrnehmungen und Versuche wie Helianthus; die ausgereiften Früchte scheinen aber nicht synzoisch verbreitet zu werden, sondern nur genügende Härte zu besitzen, die jedoch immerhin noch reichen Vogelfraß zuläßt und deshalb eine Schutzfärbung nötig macht. Bei Rudbeckia konnte ich auch Versuche im Freien mit Sumpfmeisen vornehmen; sie gelangen aber nicht so gut wie bei der Sonnenblume.

Den Carlina-Typus zeigt außer Carlina acaulis natürlich noch Carlina vulgaris. Im übrigen wüßte ich keine Pflanze, die sich genau ebenso verhielte; vielmehr kehrt dieser Typus bei anderen Gewächsen nur mit gewissen größeren Abweichungen wieder.

Alle anderen Compositen sind mit Schutzeinrichtungen ausgerüstet, welche eine Kombination der drei Typen darstellen; natürlich kann der eine gegenüber den beiden anderen zurücktreten oder auch ein einziger vorherrschen.

Was zunächst die Centaurea-Arten anbelangt, so finden wir eine Hülle von anderer Form und Farbe, aber derselben Bedeutung wie bei Tragopogon. Sie besteht aus zahlreichen kleinen, derben, aber in der Regel nicht stechenden Blättchen, die sich dachziegelartig decken und den fast runden Fruchtstand umschließen. Die Einzelblättchen sind fest aneinander gefügt, sehen im Gegensatze zu Tragopogon bräunlich oder nur teilweise grünlich aus und können völlig ausgetrocknet sein. Nach oben zu ist die Hülle niemals ganz geschlossen, sondern stets treten verwelkte Blütenkronen hervor, unter denen sich dichtgedrängte Spreuborsten und Flughaare anhäufen; diese Blüten und Haare sind zum Schutze gegen Vogelfraß nicht unwesentlich.

Den halbreifen Fruchtständen mit Hülle vermögen die Vögel weder im Freien noch im Käfige etwas anzuhaben, da die Hülle sehr widerstandsfähig ist. Nur bei der ausländischen großen Art Centaurea pulchella kann man im Garten oft Sumpfmeisen beobachten, welche sich auf die Pflanzen setzen, die halbreifen Früchte zwischen den Blütenresten mit großer Mühe herausklauben und dann weiter nach Meisenart mit ihnen verfahren, wie ich oben bei der synzoischen Verbreitung von Helianthus schilderte.

Im Käfig experimentierte ich meist mit Centaurea pulchella, häufig auch mit C. jacea und C. scabiosa; als Versuchs-

tiere wählte ich Dompfaff und Stieglitz. Freigelegte halbreife Früchte wurden sofort verzehrt; Fruchtstände, von welchen ich die Schutzhülle und Flughaare sowie Spreuborsten mittels der Schere soweit entfernt hatte, als erforderlich war, um die Früchte zugänglich zu machen, wurden sofort und mühelos ihres Inhaltes beraubt. Beide Versuche konnte ich auch mit gutem Erfolge draußen im Freien wiederholen. Die isolierten Früchte legte ich einfach auf den Boden und die Veränderung des ganzen Fruchtstandes nahm ich an der Pflanze selbst vor; bereits nach wenigen Stunden waren alle sichtbaren halbreifen Früchte verschwunden. Interessant waren auch solche Versuche, bei denen nur eine einzige Schutzeinrichtung soweit als nötig beseitigt war, z. B. nur die Hülle, oder nur die Blütenreste, oder nur die Spreuborsten und Flughaare. In allen Fällen wurden die Früchte schneller abgeholt als bei völlig unverletzten Schutzeinrichtungen, und langsamer, als wenn sie sämtlich abgeschnitten waren. Als Zeitdauer ergaben sich einige Stunden bis mehrere Tage.

Bei solchen Fruchtständen, welche ich der Länge nach halbiert hatte, konnten natürlich nur die oberflächlich gelegenen Früchte gefressen werden, weil die zahlreichen Haare sich hindernd in den Weg stellten, und zwar vermochte der Stieglitz wegen seiner Schnabelbeschaffenheit wie immer etwas tiefer einzudringen als der Dompfaff. Die spitzen Haare und Borsten[1]) schreckten die Tiere in keiner Weise ab, ebensowenig wie bei allen anderen Pflanzen, wo solche vorkommen; sie nahmen sie vielmehr mit den Früchten ohne Zögern in den Schnabel und bewegten sie darin hin und her, spuckten sie dann aber als ungenießbar mit den Fruchtschalen wieder aus. — Bei Cent. scabiosa gelang es dem Stieglitz, die halbierten Fruchtstände völlig auszuplündern, weil hier die Borsten nicht so zahlreich sind als bei C. pulchella.

Nach der Reife klafft die Hülle weit auseinander. Experimente mit reifen Früchten ließen den Schluß zu, daß die größere Art wie Tragopogon eingerichtet ist, die kleineren aber sich wie Taraxacum verhalten.

Ähnliche Kombinationen der drei Schutzeinrichtungen treffen wir wieder bei Onopordon acanthium, Alfredia cernua, Notobasis syriaca und Silybum marianum. Da diese Pflanzen

1) Vgl. Teil I, p. 477—480.

sämtlich ziemlich große Früchte besitzen, sind sie zu Versuchen gut brauchbar, obgleich sie z. T. nicht bei uns einheimisch sind.

Die reifenden Früchte finden bei allen genannten Gewächsen unter einer Hülle Schutz, die aus mehreren Reihen von spitz auslaufenden, stechenden Blättern zusammengesetzt ist; am größten sind diese Blätter bei Silybum. Die Hülle hat überall eine derbe Beschaffenheit und ist grün gefärbt bei Silybum und Notobasis, anfangs grün, später aber braun und vertrocknet bei Onopordon und Alfredia. Ganz oben ist, wie gewöhnlich, eine Öffnung vorhanden, welche durch senkrecht stehende Flughaare oder Spreuborsten verdeckt und an der Spitze durch verwelkte Blütenreste gekrönt wird. Nicht immer brauchen Spreuborsten und Flughaare gleichzeitig da zu sein, sondern können sich gegenseitig vertreten; z. B. fehlen die Spreuborsten bei Onopordon. Alfredia hat die unteren Hüllblätter bereits während der Fruchtreife nach abwärts geschlagen; infolgedessen tritt hier die Hülle in den Hintergrund gegenüber den reichlichen Überbleibseln der Blüten. Für die anderen Pflanzen ist wiederum die Hülle die Hauptsache.

Mit allen genannten Pflanzen konnte ich bei den halbreifen Fruchtständen sämtliche von Centaurea her bekannten Experimente mit demselben Erfolge nochmals vornehmen; sämtliche dort gegebenen Schilderungen wären hier Wort für Wort zu wiederholen. Besonders schön gelangen auch die Versuche im Freien, da die halbreifen Früchte der aufgezählten Pflanzen im botanischen Garten zu Jena für viele Vögel, besonders Stieglitz und Sumpfmeise, eine begehrte Speise bilden[1]). Die Tiere können nicht durch die Hüllen hindurchdringen, sondern müssen die Früchte von oben her mühsam zwischen den dort vorhandenen Hindernissen herausholen. Selbstverständlich sind hierzu nur Vögel mit spitzen Schnäbeln geeignet, nicht also z. B. der Dompfaff. Der Stieglitz gibt sich abermals durch die Art, die Früchte zu verzehren, als Spezialist zu erkennen, indem er sie gleich an Ort und Stelle mittels seines kräftigen Schnabels aufknackt, während die Meisen sie nach einem ungestörten Platze forttragen und mit dem Schnabel unter großen Anstrengungen aufhämmern müssen. Hinweisen möchte ich auch darauf, daß jede Änderung am Fruchtstande, welche ich durch die Tätigkeit der Schere oder des

1) Der Stieglitz nährt sich im Herbste zeitweise nur von Distelsamen.

Messers verursachte, bei höher am Stengel befindlichen Fruchtständen von den Vögeln stets eher bemerkt wurde, als bei tieferliegenden, auch wenn beide Eingriffe in gleicher Weise vorgenommen worden waren. — Im Käfig konnte selbst der Dompfaff manchmal die Fruchtstände zerpflücken und entleeren, weil es ihm hier freistand, sie in die für ihn geeignetste Lage zu bringen. — Die stechenden Borsten übten keinen Einfluß auf die Vögel aus.

Bei völliger Reife öffnen sich die Hüllen, und die jetzt braun oder schwarz gefärbten Früchte fliegen unter Zurücklassung der Spreuborsten davon, soweit sie Flugorgane tragen. Ihre Härte ist nicht unbeträchtlich; daher konnten sie von den meisten Vögeln (z. B. Dompfaff, Sperling, Edelfink) überhaupt nicht bewältigt werden. Andere Tiere dagegen (z. B. Stieglitz und Sumpfmeisen) vermochten ihnen auf die ihnen eigentümliche Art mit großer Mühe beizukommen, aber auch diese Tiere fraßen bei gleichzeitiger Vorlage von reifen und halbreifen Körnern die letzteren zuerst. Weil die Früchte groß und nahrhaft sind, besonders Silybum und Notobasis, dürften sie z. T. auch synzoisch verbreitet werden, doch weisen die Flugapparate und Schutzfarben darauf hin, daß diese Art der Verbreitung hier weniger wertvoll ist als bei Helianthus.

Auch die Lappa- und Cirsium-Arten besitzen einen ähnlichen Grundbau, obwohl im einzelnen manche Abweichungen vorkommen. Experimente im Käfige brachten bei halbreifen und reifen Fruchtständen mit oder ohne Hülle nichts Neues. Die Hülle gleicht in der Gestalt bei Cirsium der von Centaurea, bei Lappa der von Onopordon; bei Cirsium sind die Haare äußerst wichtig, bei Lappa aber für den Schutz ohne Bedeutung. — Versuche in der Natur waren bei diesen Pflanzen nicht möglich, weil ich selten Gelegenheit hatte, einen Vogel auf ihnen zu beobachten.

Kleinere Compositen zog ich ebenfalls vielfach zu Experimenten heran. Es erübrigt sich, sie hier genau zu schildern, zumal bei der geringen Größe der Fruchtstände wie auch der Einzelfrüchte die Wahrnehmungen nicht als untrüglich gelten können. Wahrscheinlich wirken bei allen Korbblütlern während der Reife dieselben drei Schutzeinrichtungen, die wir bei den größeren Pflanzen kennen gelernt haben, also die grüne oder andersfarbige

Hülle, frische oder vertrocknete Blumenkronen und Spreu- oder Flughaare. Jedenfalls ließen sich die Versuchstiere bei den von mir untersuchten Pflanzen, die hier nicht alle aufgezählt zu werden brauchen, in Übereinstimmung mit früheren, schon im ersten Teile gewonnenen Ergebnissen niemals durch chemische oder mechanisch verletzende Einrichtungen davon abhalten, die Fruchtstände mit dem Schnabel zu zerpflücken.

Endlich möchte ich noch auf einen neuen Umstand aufmerksam machen, der nicht nur für kleine Compositen, sondern für alle niedrigen Pflanzen sehr wichtig ist. Vergeblich hält man draußen in der Natur Umschau nach Vögeln, welche die Samen und Früchte kleiner Gewächse an der Mutterpflanze selbst plündern, obwohl im Käfig dieselben Vogelarten sehr gern an solches (unreifes) Futter gehen. Das mag, wie schon früher einmal kurz angedeutet, außer auf der grünen Farbe zum guten Teile wohl darauf beruhen, daß die Samen und Früchte häufig am Ende eines dünnen, schwankenden, nicht tragfähigen Stengels stehen, auf dem sich ein Vogel gewöhnlich gar nicht niedersetzen kann, ein Grund, der im Käfig natürlich wegfällt. Das Tier müßte sich also, wenn es draußen vor der Reife die Samen und Früchte erbeuten wollte, an einer Stelle schwebend in der Luft erhalten; zu dieser schwierigen und mühsamen Anstrengung liegt in einer Jahreszeit gar kein Grund vor, die an anderer, leichter erreichbarer Nahrung Überfluß hat, wie es ja während der Fruchtreife tatsächlich der Fall ist.

Die reifen Samen und Früchte von kleinen Pflanzen, speziell von Compositen, scheinen alle durch unansehnliche Farbe, geringe Größe, massenhafte Erzeugung und gute Verbreitungseinrichtungen den unbefugten Vogelfraß auf ein solches Maß herabzusetzen, daß ihre Existenz gesichert ist. Sie stellen wegen der Unzuverlässigkeit dieser Schutzmittel besonders im Winter den größten Teil der Nahrung unserer Körnerfresser dar, die gerade dadurch zu eifrigen Vertilgern der lästigen Unkräuter werden. Ist aber die Erde von einer zusammenhängenden Schneedecke verhüllt, so sind die Körner nicht auffindbar und viele Wintervögel gehen durch Hunger zugrunde.

Ehe wir zu den Dipsaceen übergehen, möchte ich der Vollständigkeit halber kurz auf eine Frage zu sprechen kommen, die schon häufig erörtert worden ist. Mehrere Pflanzen aus verschiedenen Familien besitzen Früchte, welche eine gewisse Ähn-

lichkeit mit den Larven einiger Insekten haben. Von Compositen zeigt Calendula officinalis neben „Windfrüchten“ zur Verbreitung durch den Wind, und „Hakenfrüchten“ zur epizoischen Verbreitung durch Tiere noch „larvenähnliche Früchte“, die den Mikrolepidopterenraupen gleichen.

Lundström[1]), Ludwig[2]) und andere Forscher glauben, daß diese merkwürdige Einrichtung mit der Art der Samenverbreitung zusammenhängt. Sie soll außer bei anderen Tieren (Ameisen, welche die Früchte vielleicht für eigene Larven halten) besonders die Aufmerksamkeit von insektenfressenden Vögeln erregen. Die Früchte sollen aufgenommen werden und wegen ihrer großen Widerstandskraft den Verdauungskanal unbeschädigt verlassen.

Raupen werden von Weichfressern verzehrt. Wenn also Calendula von Vögeln gefressen würde, so müßten die Früchte wenigstens teilweise fleischig sein. Weiche Teile sind aber bei Calendula nirgends zu entdecken, also ist die Wahrscheinlichkeit ihrer Vertilgung durch Weichfresser von vornherein gering.

Ludwig (l. c. p. 357) erwähnt Versuche von Battandier, wonach neben Hühnern und Enten auch Drosseln nicht an solches Futter gingen. Bei Versuchen, die ich mit Calendula arvensis (halbreif) vornahm, ließen Amseln und Meisenarten die Früchte völlig unberücksichtigt. Auch im Freien konnte ich niemals Vögel in der Nähe der zahlreichen und leicht sichtbaren Calendula-Arten sehen.

Eher wäre an solche Körnerfresser zu denken, welche gelegentlich auch Insekten als Leckerbissen mit verzehren (vgl. Teil I, p. 451). Hier liegt aber wieder die Gefahr vor, daß bei den gut entwickelten Verdauungsorganen die Früchte ihre Keimfähigkeit einbüßen. Experimente mit dem Dompfaff im Käfig bestätigten diese Vermutung; er fraß sogar außer den larvenähnlichen Früchten noch Teile der anderen Fruchtarten mit, soweit sie nicht zu hart waren. Alle Früchte wurden gänzlich verdaut. Mehrere Grünfinken verhielten sich als reine Körnerfresser ganz ablehnend.

In unseren Gegenden scheint also diese Raupenähnlichkeit für Vögel belanglos zu sein. Um sichere und endgültige Beobachtungen zu erzielen, müßte man die Versuche in der Heimat

---

1) Lundström, Einige Beobachtungen über die Biologie der Frucht. Upsala 1885.

2) Ludwig, Lehrbuch der Biologie der Pflanzen. Stuttgart 1895, p. 357 ff.

der Pflanze anstellen; vielleicht würden sich dort mit anderen Vogelarten brauchbare Resultate ergeben.

Am Schlusse des Abschnittes über die Compositen sind noch einige Spezialschriften über die Fruchtschale dieser Pflanzen zu zitieren, welche ja besonders für die reifen Früchte als Schutzeinrichtung gegen Vogelfraß von größter Wichtigkeit ist: HEINECK, Beitrag zur Kenntnis des feineren Baues der Fruchtschale der Compositen. Diss., Leipzig 1890, und LOOSE, Die Bedeutung der Frucht- und Samenschale der Compositen für den ruhenden und keimenden Samen. Diss., Berlin 1891. (Botanisches Zentralblatt, Beihefte 1892.)

An die Compositen schließt man am besten die nahe verwandte Familie der Dipsaceen an. Bei ihnen bleiben die Blüten auf den reifenden Früchten nicht erhalten, auch sind letztere nicht durch eine gemeinsame Hülle[1]) oder einen Haarfilz verborgen; wohl aber wird jede Frucht durch einen flach ausgebreiteten, häutigen Einzelhüllkelch, einen sogenannten „Außenkelch", gekrönt. Bei Scabiosa columbaria stehen diese Gebilde so dicht beisammen, daß sie die Früchte völlig unsichtbar machen. In der freien Natur scheint der grünlich gefärbte Außenkelch für die genannte Pflanze als Schutzeinrichtung während der Fruchtreife zu genügen, denn Vogelfraß ist an ihr nicht wahrnehmbar.

Halbreife Köpfe von Scabiosa columbaria, dem Dompfaff oder Stieglitz vorgelegt, wurden trotz der Außenkelche sofort von beiden Vögeln mit dem Schnabel zerstückelt und gern sowie vollständig ausgefressen; die Außenkelche waren selbstverständlich ungenießbar, ebenso die weichen Spreublättchen des Blütenbodens. Im Käfige also, wo die Tiere besser an den Fruchtstand heran können, bietet der Außenkelch nicht mehr hinreichenden Schutz.

Die Dipsacus-Arten haben ebenfalls Außenkelche, aber zwischen ihnen ragen die langen, stacheligen Spreublätter weit hervor und gewährleisten einen erhöhten Schutz. Halbreifen Fruchtständen von Dipsacus pilosus vermochte im Käfig der

1) Eine grüne, allen Blüten gemeinsame Hülle ist zwar vorhanden, aber sie steht fast horizontal vom Stengel ab.

Stieglitz, weniger gut auch der Dompfaff beizukommen, solchen von Dipsacus laciniatus wegen der besonders langen und starren Borsten nur der Stieglitz. Andere Vögel, z. B. Meisenarten und Grünfink, konnten überhaupt nicht zu den Früchten gelangen. — Im Freien bleiben die Pflanzen unbehelligt. Nur den Stieglitz kann man häufig sehen, wie er sich als Spezialist auf den Köpfen niederläßt und mit seinem spitzen Schnabel die Früchte zu erbeuten weiß.

Reife Früchte sitzen nur noch locker zwischen den Spreuborsten und warten, bis sie durch einen tüchtigen Windstoß herausgeschüttelt werden; währenddessen holt der Stieglitz ebenfalls noch manches Korn ab. Als Flugorgan dient der Kelch, welcher die leichten Früchte weit davon trägt. Sie besitzen keine besondere Härte, sondern sind durch braune Farbe geschützt; die Pflanze entgeht der Vernichtung dank ihrer massenhaften Erzeugung. Jeder Körnerfresser verzehrt sie gern, weshalb sie in dem für diese Tiere bestimmten, käuflichen Futter enthalten zu sein pflegen.

2. Versuche mit Gramineen und Cyperaceen.

Wie die Compositen haben auch die Gramineen viel unter Tierfraß, speziell Vogelfraß, zu leiden.

Die Früchte unserer Getreidearten entwickeln sich im Schutze von grünen, häutigen Blättern, die man bekanntlich als „Spelzen“ bezeichnet. Solange die Früchte durch diese Hülle vor den Blicken ihrer Feinde sicher sind, bleiben sie weich; erst mit zunehmender Reife erhärten sie und können endlich ohne Nachteil ihr Versteck verlassen.

Freigelegte unreife (noch ganz grüne) und halbreife (schon gelblich gefärbte) Früchte von Secale cereale, Hordeum sativum, Avena sativa und Triticum vulgare wurden von Stieglitz, Dompfaff und Feldsperling bereitwillig aufgenommen; dabei wurden die halbreifen Körner im allgemeinen den unreifen vorgezogen, wahrscheinlich weil sie bereits mehr Nährstoffe enthalten und eine derbere Beschaffenheit haben. — Auch bei Vorlage ganzer (abgepflückter) Ähren derselben Pflanzen konnten die Früchte ohne besonderen Kraftaufwand zwischen den Spelzen hervorgeholt und verzehrt werden, wobei sich Stieglitz und Feldsperling geschickter erwiesen als der Dompfaff. In der freien Natur dürften die Ähren nicht so großer Gefahr ausgesetzt sein,

weil sie schwerer auffindbar und wegen der senkrechten Stellung und schwankenden Bewegung der Halme viel unzugänglicher sind.

Ausgereifte Roggen-, Gerste-, Hafer- und Weizenkörner sind hart genug, um den Schnabelkräften vieler Vögel zu widerstehen. Sie scheinen synzoisch durch Vögel und Säugetiere verbreitet zu werden, während bei ihren Vorfahren durch die damals viel derberen, nicht abfallenden Grannen ein epizoisches Fortschleppen[1]) möglich gewesen sein kann.

Bei Versuchen mit solchen reifen Früchten waren alle Versuchstiere nur selten und bei großem Hunger imstande, ihnen beizukommen; die Sperlinge bewältigten nicht ein einziges Korn. Nach dem Aufweichen in Wasser dagegen ließen die Vögel nur wenige Reste übrig, woraus hervorgeht, daß allein die Härte, nicht aber auch chemische Einrichtungen in Frage kommen. — Reife, unzerkleinerte Ähren wurden vom Dompfaff und Sperling nach einigen vergeblichen Bemühungen nicht wieder angerührt, vom Stieglitz infolge seines leistungsfähigeren Schnabels völlig zerpflückt, doch blieben auch bei letzterem die Körner unbeschädigt.

Bemerkenswert ist noch, daß sich bei allen Versuchen kein Vogel durch die stacheligen Grannen mancher Getreidearten, welche für den Fruchtstand anderen Tieren gegenüber als Schutzorgane wirksam sind, in merklicher Weise beeinflussen ließ; natürlich wurden die Spelzen und Grannen nicht mit verzehrt. Auch Schmid[2]) führt an, daß manche Vögel sogar die lang begrannten Gerstenähren keineswegs verschonen; allerdings würden entgrannte Ähren gründlicher vernichtet.

Leider waren die Sperlinge nur kurze Zeit frisch und munter zu erhalten, so daß die sich auf sie beziehenden Beobachtungen nicht als ganz einwandfrei gelten können.

Draußen im Freien kann man häufig wahrnehmen, wie Getreideäcker durch Spatzen und andere Vögel geplündert werden, hauptsächlich Felder mit Weizen und Gerste. Bei näherer Untersuchung zeigt sich dann, daß die Tiere nur an halbreife Feldfrüchte gehen; sie allein sind ja noch nachgiebig genug und enthalten trotzdem eine große Menge Nahrung aufgespeichert. Reife Körner dürften im allgemeinen nur zur Zeit der Not begehrt sein

---

1) Hildebrand, Die Verbreitungsmittel der Pflanzen, p. 122—123.

2) Schmid, Bau und Funktionen der Grannen unserer Getreidearten. Botanisches Zentralblatt 1898, IV, p. 328.

(Kornspeicher im Winter). Im botanischen Garten zu Jena überspannt man die Getreidearten mit einem großen Netze, solange sie im Ausreifen begriffen sind; nach der Reife aber wird das Hindernis entfernt, ohne daß eine Gefahr für die Körner einträte.

Interessant ist auch die bekannte Tatsache, daß die wichtigste Winternahrungsquelle für Sperlinge, Haubenlerchen, Goldammern und andere Vögel in den Pferdeexkrementen besteht, aus denen sie die unverdauten Haferkörner herauslesen. Durch den Aufenthalt im Körper des Pferdes sind die Früchte weicher und für die Tiere genießbar geworden. Die Bedeutung dieser Futterart ist so groß, daß die Sperlinge dem Vordringen der Pferde in die Ortschaften gefolgt sind; daher gibt es auch heute noch in einigen abgelegenen Dörfern keine Spatzen, weil dort keine Pferde zur Verwendung kommen.

Vögel, denen reife Getreidekörner zur täglichen Nahrung dienen, z. B. Hühner und Tauben, besitzen Gegenanpassungen an die Härte der Früchte und sind deshalb als Spezialisten zu bezeichnen.

Aber nicht alle Gramineen verhalten sich wie die Getreidearten. Die Früchte der mittelgroßen Gräser können nicht nur vor völliger Reife genossen werden, sondern bilden oft auch ausgereift ein beliebtes Futter unserer Körnerfresser. So enthält das gewöhnliche „Waldfutter“ (vgl. Teil I, p. 490) neben anderen Samen und Früchten auch Phalaris canariensis und Panicum miliaceum (Hirse). Bei Versuchen im Käfig fanden Setaria italica, S. viridis, Digitaria sanguinalis und Phalaris arundinacea bei allen Versuchsvögeln (Dompfaff, Stieglitz, Sperling) großen Anklang, und zwar sowohl halbreif, wie auch ganz reif; ebenso können auch geeignete Beobachtungen im Freien diesen Befund leicht bestätigen. Fraglich ist, ob die genannten Früchte halbreif lieber verzehrt werden als reif; sie treten jedoch massenhaft auf, sind nur von mäßiger Größe und besitzen unscheinbare Farben. Vor der Reife gewähren ihnen die bei den Getreidearten geschilderten Einrichtungen genügenden Schutz.

Die Früchte der kleinen Gräser haben manche Ähnlichkeit mit Taraxacum. Sie fallen also reif in großer Anzahl den Körnerfressern zum Opfer, besonders wenn ihnen der Tisch sonst nicht reich gedeckt ist; wegen ihrer ungeheuren Anzahl, geringen Größe und ihres unauffälligen Aussehens bleibt

aber doch eine so reichliche Anzahl am Leben, daß die aus ihnen hervorgehenden Pflanzen große Teile der Erde bedecken.

Entsprechende Verhältnisse wie die Gramineen zeigen die Cyperaceen. Auch bei diesen Pflanzen reifen die Früchte im Schutze von Spelzen. Besonders interessant sind die Carex-Arten, deren Fruchtknoten bekanntlich noch von einem schlauchförmigen Vorblatt, dem Utriculus, umgeben ist.

Zu Experimenten verwandte ich Carex vesicaria, C. riparia und C. panicea, als Versuchstiere Stieglitz und Dompfaff. Geschälte Früchte wurden halbreif und reif gern verspeist. Bei nicht geschälten Früchten in halbreifem Zustande zögerten die Tiere etwas, öffneten dann die Hüllen und fraßen den Inhalt unter Zurücklassung von Utriculus und Spelzen. Ganz ausgereifte Früchte verzehrten sie nur zum Teil; sie sind zwar nicht besonders hart, aber nur mittelmäßig groß, sehr zahlreich und von brauner Farbe. Trotzdem müssen auch diese Pflanzen der Tierwelt ihren Tribut zahlen, indem ein großer Teil den Körnerfressern als willkommene Nahrung dient.

3. Versuche mit Umbelliferen.

Ganz andere Einrichtungen als bei den bis jetzt untersuchten Familien finden wir bei den Umbelliferen. Äußerlich allerdings ist weder bei den reifen noch bei den halbreifen oder unreifen Früchten etwas zu entdecken, was auf wesentliche Unterschiede gegenüber anderen Familien schließen ließe. Aber schon Stahl[1]) hat darauf hingewiesen, daß sie in keinem Entwicklungszustande von Vögeln gefressen werden, obwohl ihre Stellung für den Anflug der Tiere sehr günstig ist. Nur die großen Formen (Heracleum, Pastinaca usw.) werden von Vögeln aufgesucht, aber nicht etwa von Körnerfressern, sondern von Weichfressern, welche die reifenden Früchte unberührt lassen und lediglich den die Blüte bestäubenden Insekten nachstellen, sowie später nach Blattläusen und ähnlichen Kerbtieren fahnden.

Auch experimentell hat Stahl diese Frage untersucht. Er zeigte, daß Sperlinge die Früchte von verschiedenen (reifen) Umbelliferen freiwillig nicht annahmen. Wenn sie ihnen aber aufgezwungen worden waren, so gingen die Tiere zugrunde, z. B. nach

1) Stahl, Pflanzen und Schnecken, p. 103.

dem Genuß von 10 Früchten von Archangelica officinalis, oder 5 Früchten von Carum carvi, oder 15 Früchten von Foeniculum officinale. Sie scheinen den Sperlingen also nicht nur widerwärtig zu sein, sondern auch äußerst giftig auf sie zu wirken.

Ebenso ist nach Versuchen von Briquet[1]) eine geringe Anzahl Früchte der für den Menschen angeblich nicht schädlichen Oenanthe pimpinelloides imstande, Sperlinge durch Vergiftung rasch zu töten.

In neuester Zeit kam Schwartz[2]), der als Versuchstiere Goldammer, Grünfink, Buchfink, Hänfling, Zeisig, Girlitz, Stieglitz, Kanarienvogel und Kreuzschnabel gebrauchte, zu ähnlichen Ergebnissen bei (reifen) Früchten von Foeniculum officinale, Conium maculatum, Petroselinum sativum, Carum carvi, Pimpinella spec. und Daucus carota. Sämtliche Früchte wurden von allen Tieren völlig verweigert, einige waren gekostet worden, aber sofort fallen gelassen. Eine schädliche Wirkung konnte natürlich nicht eintreten, da die Vögel nichts zu sich genommen hatten.

Bei Versuchen, die ich mit Doldengewächsen anstellte, verwandte ich unter anderem unreife, halbreife und reife Früchte von Petroselinum sativum, Falcaria rivini, Aegopodium podagraria, Silaus pratensis, Anethum graveolens, Pastinaca sativa, Heracleum sphondylium, Laserpitium latifolium, Turgenia latifolia, Anthriscus silvestris und Coriandrum sativum. Sie wurden dem Dompfaff, Stieglitz, Feldsperling, Grünfink und Buchfink vorgelegt und sämtlich verschmäht, obgleich die reifenden Früchte bis auf Turgenia latifolia leicht zugänglich waren und die ausgereiften keineswegs besondere Härte aufwiesen. Zum Teil allerdings waren sie im Käfig verstreut worden; gewöhnlich bissen die Tiere erst einmal hinein (besonders der Dompfaff), ließen aber sofort, bisweilen mit allen Zeichen des Entsetzens, wieder davon ab und rührten nichts mehr an. Immerhin scheint es nicht ganz ausgeschlossen zu sein, daß der Dompfaff gelegentlich einmal bei großem Hunger das eine oder andere Korn verzehrte.

---

1) Briquet, Recherches anatomiques et biologiques sur le fruit du genre Oenanthe. Genève 1899.

2) Schwartz, Beiträge zur Ernährungsbiologie unserer körnerfressenden Singvögel. Arbeiten a. d. Kaiserl. Biolog. Anstalt f. Land- u. Forstwirtschaft 1908, H. 4, p. 451 u. 458.

Man kann also nicht daran zweifeln, daß viele Umbelliferen-Früchte von den Körnerfressern tatsächlich in keiner Entwicklungsperiode trotz der scheinbar günstigen Bedingungen gefressen werden. Der Grund dieser auffälligen Tatsache liegt nach Stahl (l. c. p. 103) darin, daß die genannte Familie in den Ölstriemen sehr unangenehm schmeckende und riechende chemische Substanzen enthält, meist ätherische Öle.

Diese Ansicht ist sehr wohl vereinbar mit den im ersten Teile der vorliegenden Arbeit vorgenommenen Überlegungen über den Geschmackssinn der Vögel[1]), denn wenn auch betont werden mußte, daß er nur sehr wenig entwickelt sein kann, so wurde doch durchaus nicht behauptet, daß er vollständig fehlt[2]). Nebenbei möchte ich bei dieser Gelegenheit feststellen, daß der Geruchssinn der Vögel noch schlechter zu sein scheint als der Geschmackssinn, denn die Tiere lassen sich ja durch die ätherischen Öle nicht davon abhalten, Insekten von den Umbelliferen abzulesen.

Auch Briquet betrachtet die Sekretgänge in den Früchten der Doldengewächse als Schutzorgane gegen Vögel. Ebenso ist auch Schwartz (l. c. p. 477 und 480—481) der Meinung, daß das Ergebnis seiner Fütterungsversuche mit Umbelliferen-Früchten durch ihren widerlichen Geschmack verursacht sei, und zwar sollen besonders die „unechten"[3]) Geschmacksempfindungen von Bedeutung sein.

Aber nicht alle ätherischen Öle wirken auf jeden Vogel abschreckend[4]). Bei einem anderen Anlasse erwähnte ich früher[5]) mehrere fleischige Früchte, die gewisse Vögel gern genießen, obgleich sie mit ätherischen Ölen versehen sind, z. B. Juniperus communis; nachzutragen ist noch Ribes nigrum. Daher wäre es denkbar, daß auch bei den Doldengewächsen einige Pflanzen in ihren Früchten solche ätherische Öle besitzen, gegen die manche Vögel unempfindlich scheinen. Unter den von mir verfütterten Pflanzen sind in dieser Beziehung zu nennen Daucus carota und besonders Eryngium campestre.

---

1) Teil I, p. 486—499.
2) Teil I, p. 494—495.
3) Vgl. Teil I, p. 498.
4) Insekten, auch dem Menschen, sind die ätherischen Öle der Blüten sogar angenehm.
5) Teil I, p. 483.

Daucus carota wurde von Dompfaff und Stieglitz halbreif verzehrt, wenn auch nur langsam, reif dagegen verweigert; die Stacheln und Haken an den Früchten bereiteten den Tieren keinerlei Schwierigkeiten. Bei Vorlage ganzer Fruchtstände von Eryngium campestre gelang es nur dem Stieglitz, die Früchte herauszuholen und hinunterzuschlucken; der Dompfaff hat einen für diesen Zweck zu plumpen Schnabel. Freigelegte, isolierte Früchte wurden halbreif und reif von beiden Vogelarten verspeist, die reifen allerdings wegen ihrer härteren Beschaffenheit nur allmählich.

Unwahrscheinlich ist es, daß die reifenden Früchte von Daucus carota ein anderes ätherisches Öl enthielten als die ausgereiften; jedenfalls werden die letzteren nur reichlicher mit diesem Stoffe versorgt sein als die ersteren. Vielleicht spielt bei der zeitlichen Verteilung der schützenden Substanz das Zusammenneigen der Früchte und ihrer Stiele zu einem vogelnestartigen Gebilde mit, das bekanntlich gerade bei der vorliegenden Pflanze eintritt und einen gewissen Schutz gegen Vogelfraß zu gewährleisten scheint. Nach der Reife ist die Dolde wieder flach ausgebreitet und gibt die Früchte allmählich ab, so daß jetzt ein erhöhter Schutz durch vermehrte Sekretabscheidung nötig ist.

Eryngium campestre erinnert in seinem ganzen Habitus an die Disteln. Die Laubblätter sind mit spitzen Zähnen bewaffnet, und ganz besonders dicht stehen die Stacheln um den Fruchtstand herum sowie zwischen den einzelnen Früchten. Nicht nur Säugetiere lassen sich durch diese Einrichtungen abhalten, sondern auch den Vögeln ist ein Vordringen bis zu den Früchten sehr erschwert, oft sogar unmöglich. Der Stieglitz mit seinem spitzen Schnabel gilt als Spezialist, wie wohl von früher her noch erinnerlich sein wird.

Sollen die ätherischen Öle tatsächlich als Schutzeinrichtung gegen Vögel wirken, so müssen die Früchte genießbar werden, wenn es gelingt, das Hindernis zu beseitigen. Man kann dieses Ziel durch „Auslaugen“ der Früchte mit Alkohol erreichen, ein Verfahren, das bereits Stahl anwandte und p. 16 der wiederholt zitierten Arbeit beschrieben hat.

Reifende Früchte von Falcaria rivini, Aegopodium podagraria und Coriandrum sativum wurden (jede Art für sich) mehrere Tage lang mit Alkohol ausgelaugt und dann kurze

Zeit in dieser Flüssigkeit gekocht. Dann nahm ich die Früchte aus der Lösung heraus, spülte sie nochmals mit Alkohol ab und trocknete sie an der Luft bis zum völligen Verschwinden des Alkoholgeruches. Endlich brachte ich sie mit wiederholt erneuertem Wasser zum Aufquellen und legte sie dem Dompfaff und Stieglitz vor. Nach einigem, vielleicht durch die Änderung im Aussehen und in der Härte bedingten Zögern — die grünen, weichen Früchte waren gelblich braun und härter geworden — wurden alle Früchte langsam vertilgt; nur von Falcaria rivini blieben wenige Stück übrig.

Ferner weichte ich in den Alkoholextrakten von Aegopodium und Coriandrum, welche intensiv nach der betreffenden Pflanze rochen und schmeckten, das gewohnte „Waldfutter" der Körnerfresser einen halben Tag lang ein und ließ dann den Alkohol verdunsten; viele Körner hatten den betreffenden Geruch und Geschmack angenommen. Dompfaff, Stieglitz und Buchfink bekamen die so behandelte Nahrung zusammen mit unveränderter; in allen Fällen fraßen sie zuerst die letztere, nach längerer Zeit aber auch einen Teil der ersteren. Man braucht sich nicht darüber zu wundern, daß die Verweigerung nicht vollständig war, denn der Alkoholextrakt enthielt vielleicht nicht so viel ätherische Öle als die Pflanze selbst und teilte sich jedenfalls dem Futter nur unvollständig mit; auch dürften die ätherischen Öle in ihrer Wirksamkeit allmählich nachlassen, da sie ja als flüchtige Substanzen nach einiger Zeit verschwinden.

Nach allen hier angestellten Erörterungen dürfte soviel sicher[1]) sein, daß den meisten ätherischen Ölen der Umbelliferen neben etwaigen anderen Funktionen[2]) die des sehr wirksamen Schutzes gegen unbefugten Vogelfraß zukommt. Ihr Fehlen wäre für die Früchte gewiß von großem Nachteil, besonders für die reifen, welche oft nicht hart genug sind, um den Mundwerkzeugen ihrer Feinde zu widerstehen, trotzdem aber häufig eine verhältnismäßig beträchtliche Größe erreichen.

---

1) Höchstens wäre es möglich, daß außer den ätherischen Ölen noch eine andere Substanz mitwirkte, die auch in Alkohol löslich wäre; zu dieser Annahme ist aber nach Lage der Dinge kein Grund vorhanden.

2) Schutzeinrichtungen gegen Fraß von Säugetieren und Schnecken (Stahl); vielleicht auch Schutzeinrichtung gegen zu große Erwärmung und Abkühlung (Tyndall). Man vgl. Stahl, l. c. p. 44—48.

Ob die ätherischen Öle der Früchte ihren stammesgeschichtlichen Ursprung lediglich der auslesenden Wirksamkeit der Vögel verdanken, erscheint einigermaßen fraglich, da auch alle anderen Teile der Doldengewächse von ätherischen Ölen durchtränkt sind.

4. Versuche mit Leguminosen.

Die Samen der Leguminosen sind während der Reife von der grünen, gewöhnlich derben Hülse schützend umgeben.

Zu Versuchen fanden folgende Schmetterlingsblütler Verwendung: Cytisus laburnum, Ononis spinosa, O. fructicosa, Melilotus albus, Trifolium pratense, Robinia pseudacacia, Astragalus glycyphyllus, Coronilla varia, Vicia faba, Lens esculenta, Pisum sativum und Phaseolus vulgaris. Als Versuchstiere benutzte ich meist Dompfaff und Stieglitz, gelegentlich auch Grünfink und Edelfink.

Aus den Hülsen herausgenommene oder innerhalb der Hülse freigelegte Samen wurden sämtlich sowohl halbreif wie unreif durch alle Vögel zurückgewiesen. Dabei hatte ich zu große Samen in kleinere, für den Vogelschnabel passende Stücke zerschnitten, so Pferdebohne, Erbse und Schnittbohne. Die Tiere kosteten zwar die lecker aussehende Masse, ließen sie aber wieder fallen, um sie dann gar nicht mehr zu beachten. Aufgezwungene Samen wurden wieder ausgespieen. — Bei Vorlage ganzer, noch nicht ausgereifter Hülsen machten sich die Vögel nur an die kleineren heran und öffneten sie, ohne aber die Samen zu vernichten, z. B. bei Ononis spinosa, O. fructicosa, Melilotus albus, Trifolium pratense, Coronilla varia und Lens esculenta; die Hülsen der übrigen Pflanzen wurden überhaupt nicht angerührt, da sie zu umfangreich waren. — Ebenso ablehnend verhielten sich die Tiere gegenüber allen reifen Samenkörnern.

Gelegentlich schienen sich Widersprüche einzustellen, besonders bei den kleineren Arten; sie erklären sich aus der Schwierigkeit der Beobachtung an solchen winzigen Samen und können hier unberücksichtigt bleiben. Der Dompfaff fraß auch einmal halbreife Linsen, ein andermal aber wieder nicht. Ganz unreife Erbsen und Bohnen wurden (ohne Hülse) angenommen; sie sagen auch dem Geschmack des Menschen besser zu als halbreife Samen und dienen bekanntlich unter dem Namen „grüne Erbsen“ und „grüne Bohnen“ als beliebte Speise.

Die Befunde bei diesen Experimenten sind zum Teil recht merkwürdig. Zwar ist es selbstverständlich, daß kein Tier den

großen und festen Hülsen mancher Papilionaceen beizukommen vermochte, so bei Astragalus glycyphyllus, Vicia faba, Pisum sativum und Phaseolus vulgaris. Ebenso konnte es den Vögeln unmöglich gelingen, solche reife Samen zu zerbeißen, die sich durch besondere Härte auszeichnen, so bei Cytisus laburnum, Ononis spinosa, Robinia pseudacacia, Astragalus glycyphyllus, Vicia faba, Lens esculenta, Pisum sativum und Phaseolus vulgaris. Ganz neu und unerwartet ist jedoch die Tatsache, daß die übrigen (kleineren) reifen Samen und sämtliche halbreifen verweigert wurden, obgleich sie leicht zu bewältigen sind und weder besonders scharf riechen noch schmecken, wenigstens unseren Sinnesorganen nach zu urteilen. Auch durch Aussehen und Form unterscheiden sie sich nicht wesentlich von anderen Samen und Früchten; daher wurden sie ja von den Tieren auch zunächst probiert und erst dann verschmäht.

Es ist daher zu vermuten, daß die Samen eine den Vögeln unangenehme Substanz besitzen. Ich versuchte, sie durch Auslaugen mit starkem Alkohol zu entfernen und verfuhr genau wie bei den Umbelliferen. Bisweilen ließ ich den Alkohol nicht einfach verdunsten, um dann die Samen in Wasser aufquellen zu lassen, sondern ersetzte den Alkohol durch Wasser, dieses durch neues Wasser usf.; dadurch blieben die Samen weich, während sie nach dem anderen Verfahren oft eine harte Beschaffenheit erlangten.

Diese Behandlung erfuhren die enthülsten Samen von Ononis spinosa, Melilotus albus, Astragalus glycyphyllus, Vicia faba (zerkleinert), Pisum sativum (zerkleinert) und Phaseolus vulgaris (zerkleinert). Darauf gab ich sie dem Dompfaff und Stieglitz. Das Ergebnis war sehr wechselnd; während die Erbsen und Bohnen jetzt ohne Umstände verzehrt wurden, nahmen die Tiere Ononis spinosa, Melilotus albus und Vicia faba nur zögernd und teilweise an, und Astragalus glycyphyllus wurde sogar auch jetzt noch gänzlich abgelehnt, selbst wenn das übrige Futter stundenlang entzogen worden war.

Eine Deutung dieser Versuche stößt auf große Schwierigkeiten, besonders auch, weil sich die einzelnen Pflanzengattungen so verschieden verhalten. Der so hartnäckig verweigerte Astragalus glycyphyllus war auch nach dem Auslaugen nachgiebig und dem menschlichen Geschmack durchaus zusagend. Möglicherweise enthalten diese Samen, ebenso vielleicht Ononis spinosa, Melilotus albus und Vicia faba, Stoffe, die den Vögeln widerlich sind, aber sich in Alkohol nicht lösen.

Weitere Untersuchungen durch Auslaugen mit anderen Flüssigkeiten habe ich nicht vorgenommen. Auch versuchte ich nicht weiter, die den Tieren unangenehmen Substanzen aufzufinden und zu isolieren. Ich glaubte von diesen verwickelten Fragen um so eher Abstand nehmen zu können, als sie ja für die vorliegende Aufgabe ohne Belang sind, denn als Schutzeinrichtung gegen Vogelfraß genügt vor der Reife die grüne Hülse vollständig. Sie verbirgt die Samen vor dem Auge der Vögel und ist häufig auch fest genug, um etwaigen Bissen der Tiere standzuhalten. Die reifen Samen aber besitzen oft große Härte und Schutzfärbung, die kleineren Arten die für sie charakteristischen Schutzeinrichtungen (vgl. Taraxacum).

Als Spezialisten möchte ich Krähen, Hühner, Tauben und andere Vögel nennen, welche reife Erbsen, Linsen, Wicken und ähnliche Samen in beträchtlicher Menge zu sich nehmen. Bei den reifen Hülsenfrüchten scheinen also die widerlichen Stoffe der unreifen verschwunden zu sein. Selbst wenn sie gegen irgendwelchen Tierfraß schützen sollten, sind sie ja auch überflüssig geworden, denn an ihre Stelle sind andere Einrichtungen getreten (Härte und Schutzfärbung).

Auch Schwartz[1]) hat mit (reifen) Samen von Leguminosen Versuche vorgenommen, die mir aber noch unbekannt waren, als ich die Frage zu ergründen suchte[2]). Von 23 verschiedenen Samenarten fraßen die oben p. 802 genannten neun verschiedenen Vogelarten nicht ein einziges Korn. Bei näheren Untersuchungen stellte sich heraus, daß Lupinus luteus, Astragalus glycyphyllus, Robinia pseudacacia, Laburnum vulgare, Colutea arborescens, Lathyrus silvester, latifolius und vernus, Vicia silvatica und Onobrychis viciaefolia zu hart waren. Die Samen der Klee- und Luzernearten (fünf Trifoliumarten, ferner Melilotus albus, Anthyllis vulneraria, drei Medicagoarten und zwei Lotusarten) konnten aber fast sämtlich leicht zerkleinert werden und hatten auch keinen deutlich wahrnehm-

1) Schwartz, l. c. p. 450, 451, 457, 458, 462, 478, 479 und 481.

2) Sämtliche Versuche des vorliegenden zweiten Teiles wurden zusammen mit denen des ersten Teiles in den Jahren 1907—1909 angestellt; ihre Zusammenstellung, Verwertung und Veröffentlichung war bis jetzt anderer dringender Arbeiten halber nicht möglich.

baren Geruch. Einen etwaigen schlechten Geschmack suchte SCHWARTZ durch Aufgüsse und Abkochungen (mit Wasser?) zu extrahieren. Die so gewonnenen Flüssigkeiten vermochten den Vögeln gern gefressenes Futter nicht zu verleiden; die aufgequollenen, weich gewordenen Samen selbst wurden gekostet, aber wieder beiseite geworfen und verschmäht. SCHWARTZ glaubt, daß ein beim Aufweichen der Klee- und Luzernearten entstandener klebriger Schleim die Vögel vom Zerbeißen und Schälen der Samen abhalten könnte und daß dadurch gleichzeitig eine „unechte" Geschmacksempfindung hervorgerufen würde (l. c. p. 481).

Von der Frage des Schleimes sprachen wir schon im ersten Teile (p. 479f.); er ist nicht imstande, Weichfresser am Verzehren der Beeren von Viscum album zu hindern. Bei den Klee- und Luzernearten aber handelt es sich um nichtfleischige Samen, die von den meisten Körnerfressern tatsächlich erst zerstückelt werden müssen, während ja Fleischfrüchte einfach unzerkleinert hinabgeschlungen werden. Die von SCHWARTZ ausgesprochene Meinung könnte also sehr wohl richtig sein, würde jedoch zur völligen Klärung weitere Experimente dringend erheischen. Wahrscheinlich gleiten die Schnabelschärfen von der schleimigen und schlüpfrigen Masse ab, ohne sie zerschneiden zu können, ähnlich wie STAHL von der Radula der Schnecken festgestellt hat (l. c. p. 83). Vielleicht treffen ähnliche Gründe auch für die bei meinen Untersuchungen zurückgewiesenen (weichen) Samen zu, besonders also für Astragalus glycyphyllus.

In neuester Zeit fand PEYER[1]), daß manche Leguminosen-Samen Schutzstoffe von unbekannter Zusammensetzung enthalten müssen; auch diese Versuche sind mir erst nachträglich bekannt geworden. Reife Linsen, Erbsen und Bohnen wurden von Mäusen und Kaninchen nicht verzehrt, selbst wenn PEYER die Härte der Samen durch Aufquellen in Wasser entfernt hatte. Alle genannten Samen sagten den Tieren erst zu, wenn sie gepulvert und mit absolutem Alkohol oder Äther ausgezogen worden waren; Behandlung mit 70%igem Alkohol oder sehr viel Wasser genügte nicht. Die gewohnte Nahrung der Tiere wurde durch Mischen mit den Rückständen aus den alkoholischen bzw. ätherischen Extrakten ungenießbar gemacht. — PEYER vermutet in den den Tieren unangenehmen Substanzen Stoffe flüchtiger Natur.

---

1) PEYER, Biologische Studien über Schutzstoffe. Dissertation, Jena 1911, p. 30—32.

Da viele reife Leguminosen-Samen groß und hart sind, dürften sie synzoisch durch Vögel und Säugetiere verbreitet werden, zumal manche Hülsenfrüchte auffällige Farben besitzen (weiße und bunte Bohnen; weitere Beispiele bringt Ludwig, Lehrbuch der Biologie der Pflanzen, Stuttgart 1895, p. 374).

Manche Forscher, besonders Focke[1]) und Buchwald[2]), vertreten die sonderbare Ansicht, daß die Ausbreitung der Leguminosen-Samen durch umkommende Vögel erfolgt, so bei Erbsen, Bohnen und anderen Hülsengewächsen mit nahrhaften Samen. Weil viele Vögel ihre Nahrung vor der eigentlichen Verdauung eine Zeitlang im Kropfe behalten, soll die Möglichkeit gegeben sein, daß bei gestorbenen Tieren die Samen von hier aus ins Freie gelangen und dort keimen. Focke hat selbst einen solchen Fall beobachtet, glaubt aber wegen der Zufälligkeit dieser Verbreitungsart nicht, daß sie häufiger vorkommt; Buchwald jedoch hält sie für wichtiger.

Meines Erachtens dürften kranke Tiere kurz vor ihrem Tode kein Futter mehr genießen; bei einer gewaltsamen Tötung gesunder Vögel durch Raubtiere oder durch einen Unglücksfall ist die Erhaltung und Keimung der Samen aber doch von gar zu großen Zufällen abhängig. Einleuchtender ist eine andere von Buchwald geäußerte Meinung, daß Körner beim Hervorpressen der aufgeweichten Nahrung aus dem Kropfe gelegentlich der Fütterung der Brut verloren gehen und sich dann weiter entwickeln. Immerhin dürften diese Arten der Verbreitung durch Freiwerden der Samen aus dem Kropfe gegenüber der synzoischen weit zurücktreten.

Endlich möchte ich noch kurz Versuche mit Scorpiurus sulcata, einer raupenähnlichen Leguminose, erwähnen, welche die bei Calendula gemachten Erfahrungen über larvenähnliche Gebilde durchaus bestätigen. Weder Weichfresser (Amsel, Kleiber), noch Körnerfresser (Dompfaff, Stieglitz, Grünfink) gingen an solche noch nicht ganz ausgereifte Früchte; ein endgültiges Ergebnis kann aber nur in der Heimat der Pflanze erzielt werden.

5. Versuche mit Pflanzen aus anderen Familien.

Außer Versuchen mit Samen und Früchten aus den genauer behandelten Familien der Compositen, Gramineen, Umbelli-

1) Focke, Die Verbreitung der Pflanzen durch Tiere. Kosmos 1881, Bd. V, p. 104 ff.

2) Buchwald, Die Verbreitungsmittel der Leguminosen des tropischen Afrika. Englers botanische Jahrbücher 1895, p. 551.

feren und Leguminosen habe ich eine Fülle von Experimenten mit einigen Vertretern aus anderen wichtigen Familien angestellt, auf die jetzt noch eingegangen werden soll. Aus begreiflichen Gründen konnte ich nur eine beschränkte Auswahl unter den zahllosen Pflanzen treffen. Selbstverständlich finden Familien oder Unterfamilien mit nur fleischigen Früchten an dieser Stelle keine Berücksichtigung.

Bei der Untersuchung der unreifen oder halbreifen Samen und Früchte werde ich mich mehr auf eigene Beobachtungen stützen, bei den ausgereiften Samen und Früchten aber mehr andere Autoren zu Worte kommen lassen, welche die Verhältnisse bereits in ausreichender Weise erörtert haben. Es erscheint daher angebracht, in diesem Kapitel die reifen Samen und Früchte von den unreifen getrennt zu besprechen.

a) Unreife oder halbreife Samen und Früchte.

Über Schutzeinrichtungen von Samen und Früchten während der Reife hat Kerner (l. c. p. 436—441) einige Zusammenstellungen gegeben. Soweit sie für unseren zweiten Teil in Betracht kommen, dürften sie mehr bei Säugetieren als bei Vögeln wirksam sein. Besonders Dornen, Stacheln und stechende Borsten werden beschrieben (Kastanie, Stechapfel usw.), über die hier hinweggegangen werden kann. (Vgl. auch oben p. 779 bei der synzoischen Verbreitung.) Speziell auf Vögel beziehen sich nur wenige, experimentell nicht begründete Bemerkungen; sie sollen im folgenden an passender Stelle eingeflochten werden.

In bezug auf Vögel habe ich die Verhältnisse genauer untersucht. Nicht immer wird es möglich sein, die unreifen Samen und Früchte streng von den halbreifen zu unterscheiden; beide Arten gehen ja ineinander über, und gerade dieses Übergangsstadium habe ich mancher Vorzüge halber gewöhnlich verwendet, soweit bei der folgenden Übersicht nichts anderes bemerkt werden wird.

Allgemein sei gesagt, daß ich die Versuche mit Dompfaff und Stieglitz vornahm. — Die reifenden Früchte pflegen grün gefärbt zu sein; im Schutze der Fruchtwandung, bisweilen auch des Kelches, entwickeln sich die Samen. Letztere sind in frühen Stadien ebenfalls von grüner Farbe, welche aber hier keinen Schutz gewähren kann, da ja die Blicke der Vögel nicht so weit vordringen.

Verhältnisse, welche von diesem allgemein geschilderten Typus abweichen, werden besonders erwähnt. Im übrigen

sollen die Versuche, nach Familien geordnet, einfach aufgezählt werden.

Coniferen. Die Samen reifen im Schutze der Fruchtschuppen, deren Ränder durch Harz verklebt sind. Nach Kerner (l. c. p. 441) soll dieses Harz den Vögeln sehr unangenehm sein und deshalb einen wesentlichen Schutz für die unreifen Samen darstellen. In vorgeschrittenem Alter fängt der Zapfen an zu verholzen.

An die halbreifen Fruchtstände von Pinus silvestris und Picea excelsa wagten sich weder Stieglitz noch Dompfaff heran; freigelegte Samen wurden sofort verzehrt. — Als Spezialist gilt der Fichtenkreuzschnabel, dem es infolge seiner eigentümlichen Schnabelbeschaffenheit möglich ist, die sonst so unzugänglichen Samen aus den Fruchtzapfen der Nadelhölzer zu rauben. Er reißt sie mit Hilfe seines gekreuzten Schnabels zwischen den bergenden Schuppen hervor und lebt zeitweise nur von Coniferen-Samen. Zweifellos ist die merkwürdige Form des Schnabels durch Anpassung an solche Nahrung entstanden.

Liliaceen. Anthericum ramosum und Funkia ovata wurden bereitwillig und vollständig vertilgt, und zwar nicht nur die Samen, sondern auch die umgebenden Fruchtwände mit Ausnahme der äußersten Schale.

Keinen Anklang fanden unreife Früchte von Allium cepa und Lilium martagon. Die erstere Pflanze bietet dem Schnabel der Vögel keinen besonderen Widerstand. Die Tiere bissen in die Früchte hinein, ließen sie aber fallen und machten keinen weiteren Versuch. Wahrscheinlich liegt der Grund dieser Abneigung in dem scharfen Geschmack aller Teile des Gewächses, der durch ätherische Öle, besonders Knoblauchöl, hervorgerufen wird. Früchte, welche mit Alkohol ausgelaugt worden waren, wurden langsam, aber ohne Rest aufgenommen. — Ähnlich wie die Küchenzwiebel dürften sich noch andere Laucharten verhalten. Da der reifende Fruchtstand dieser Pflanzen oft verhältnismäßig auffällig ist und ganz frei steht, sodaß er in mancher Beziehung an die Umbelliferen erinnert, könnte der widerliche Geschmack vielleicht nicht nur für Säugetiere, sondern auch für Vögel von Bedeutung sein.

Lilium martagon hat zu große und derbe Früchte, als daß sie von Vögeln bewältigt werden könnten. Bei halbierten Früchten machte sich der Dompfaff an die weichen inneren Teile

der Fruchtwandung heran, verschmähte aber die jetzt freiliegenden Samen immer noch; der Ursache der letzteren Erscheinung habe ich nicht näher nachgeforscht.

Orchideen. Die Kapseln von Gymnadenia conopea wurden an einer Stelle aufgebissen und der Inhalt von dort aus teilweise aufgefressen.

Juglandaceen. Walnüsse (Juglans regia), von der harten Schale befreit und in passende Stückchen zerschnitten, waren bei den Versuchstieren sehr beliebt.

Betulaceen. An den zapfenartigen Fruchtständen von Alnus glutinosa machte sich der Dompfaff viel zu schaffen, aber ohne Erfolg. Der Stieglitz suchte einige Einzelfrüchte zwischen den Fruchtschuppen hervor, um sie zu verspeisen.

Cupuliferen. Der Becher ist für den Schutz der reifenden Samen gegen Vogelfraß nicht unwichtig, da den hierher gehörigen Samen manche Vögel eifrig nachstellen. Fagus silvatica, Quercus pedunculata, Corylus avellana und Carpinus betulus konnten wegen ihrer Größe und frühzeitig harten Schale ohne weiteres nicht bezwungen werden. Nachdem sie aber geschält und mundgerecht zerstückelt worden waren, hatten sie lebhaften Zuspruch. Oft sagten den Tieren nur frisch zerkleinerte Eicheln zu, nicht aber solche, deren Teile bereits einige Zeit ausgetrocknet waren.

Ulmaceen. Ulmus campestris wurde sofort gefressen; zurück blieb der häutige Flugsaum.

Cannabinaceen. Die Versuchstiere vertilgten isolierte Körner von Cannabis sativa auch vor völliger Reife. — Kerner erwähnt (l. c. p. 441), daß Hanf- und Hopfenpflanzen vor der Samenreife selbst von den zudringlichen Sperlingen nicht belästigt würden, weil die Deckblätter beim Hanf mit schmierigen Stoffen überzogen und beim Hopfen mit stark duftenden Drüsen besetzt wären.

Polygonaceen. Das Polygonaceen-Beet in botanischen Gärten wird kurz vor der Fruchtreife von Sperlingen und anderen Vögeln gern aufgesucht. — Halbreife Früchte von Polygonum lapathifolium, Rumex acetosa und Rheum undulatum fanden bei meinen Versuchen bereitwillige Aufnahme. Der Stieglitz stellte sich überall geschickter an als der Dompfaff. Bei den mit Flughaut versehenen Früchten mußte ich dieses häutige Gebilde bisweilen erst entfernen, ehe sie verzehrt werden konnten.

Amarantaceen. Auch auf den dieser Familie reservierten Plätzen kann man zur geeigneten Jahreszeit manche Vogelarten,

besonders Sperlinge, beim Plündern der Pflanzen beobachten. — Aus den vorgelegten Fruchtständen von Amarantus blitum und Scleropus amarantoides wurden die Einzelfrüchte durch Dompfaff und Stieglitz eifrig herausgeholt und verspeist.

Chenopodiaceen. Chenopodium glaucum wurde vom Dompfaff angenommen, vom Stieglitz aber zurückgewiesen. — Das Chenopodiaceen-Beet ist ebenfalls als Futterplatz bei Sperlingen recht beliebt.

Caryophyllaceen. Beide Versuchstiere verzehrten die Samen von Saponaria officinalis, Silene inflata und Melandryum rubrum. Geschlossene Kapseln konnten nur in Ausnahmefällen ihres Inhaltes beraubt werden. Bei manchen Nelkenarten umhüllt der Kelch schützend die reifenden Früchte.

Ranunculaceen. Von den verfütterten Pflanzen besitzen Ranunculus arvensis, R. acer und Adonis vernalis einsamige Früchtchen, die zu einem Fruchtstande vereinigt sind. Den Versuchstieren war es nicht möglich, die schon frühzeitig harten Schalen zu öffnen; nur dem Dompfaff gelang es mit Mühe, nach mehreren Stunden die Früchte der beiden Ranunculus-Arten z. T. aufzubeißen und die Samen hinunterzuschlucken. Die Stacheln bei Ranunculus arvensis hinderten keineswegs. — Wenn wir bedenken, daß die Früchte der genannten Pflanzen während der Reife manchen Gefahren ausgesetzt sind, scheint ihre Härte sehr vorteilhaft zu sein; nach den Erfahrungen bei anderen reifenden Pflanzen ist es trotzdem durchaus unwahrscheinlich, daß das Fehlen dieser Einrichtung einen erheblichen Vogelfraß verursachen würde.

Die übrigen Ranunculaceen, mit denen ich experimentierte, enthalten mehrere Samen in einem Fruchtknoten und besitzen in Gestalt dieser gemeinsamen Hülle eine ausreichende Schutzeinrichtung. Freigelegte Samen von Aquilegia vulgaris, Delphinium consolida, Aconitum napellus und Paeonia peregrina, nötigenfalls noch in kleine Stückchen zerschnitten, erfreuten sich keines großen Zuspruchs und wurden nur allmählich genossen, wobei der Dompfaff immer noch mehr zu sich nahm als der Stieglitz. Jedenfalls spielt der den genannten Samen anhaftende unangenehme Geschmack mit, der dem Menschen besonders bei Paeonia peregrina auffällt. Da immerhin keine unbedingte Zurückweisung erfolgte, haben wir wiederum einen neuen Beweis für den mangelnden Geschmackssinn der angewandten Vögel erhalten; auch die Giftigkeit der Ranunculaceen-Samen fügte den Tieren

keinen Schaden zu. — Als Schutzeinrichtung speziell gegen Vogelfraß dürften die geschilderten Eigenschaften kaum von Bedeutung sein, denn zahlreiche andere unter ähnlichen Bedingungen lebende Pflanzen kommen auch ohne sie aus.

Papaveraceen. Geschlossene Kapseln von Papaver somniferum und P. rhoeas blieben unbeachtet, herausgeholte Samen wurden sofort verspeist. Im Freien kann man bisweilen halbreife Kapseln vom Schlafmohn finden, welche an einer Stelle aufgehackt und von dort aus, soweit möglich, ausgefressen sind; natürlich kommen dabei nur Vögel mit spitzen Schnäbeln in Frage. Ganz unreife Papaver-Arten wurden nicht angenommen, auch wenn die Körner offen dalagen; vielleicht ist der Gehalt an Alkaloiden in frühen Stadien besonders groß. — Ganze Früchte von Chelidonium majus sagten den Tieren nicht zu, die freigelegten Samen aber wurden verzehrt.

Cruciferen. Beide Versuchstiere vertilgten unreife Früchte von Sinapis alba, Brassica napus, Capsella bursa pastoris und Raphanus caudatus. Oft fielen den Vögeln nicht nur die Samen, sondern auch die nachgiebigen Schotenwandungen zum Opfer, von denen meist nur geringe Überreste zurückblieben. Käfigvögel sind besonders auf Capsella bursa pastoris sehr gierig, wobei es ihnen weniger auf die Samen, als vielmehr auf die Fruchtwand anzukommen scheint; die Vorliebe hält auch bei täglicher Verfütterung an. Im Freien gelang es mir nicht, an dieser Pflanze Vogelfraß wahrzunehmen; sie ist dort schwerer zu entdecken, wegen der dünnen, schwankenden Stengel unzugänglich, vielleicht auch anderer zusagender Nahrung halber weniger begehrt. Dagegen wird Raphanus caudatus infolge günstigerer Bedingungen im botanischen Garten zu Jena vor der Reife derart eifrig aufgesucht, besonders von Meisen, daß kein Same reif zu bekommen wäre, wenn man nicht ein Drahtgitter darüber stülpen würde. Nach der Reife kann dieser Schutz ohne Gefahr für die Samen weggenommen werden, denn die Schotenwandung ist unansehnlich, trocken und so schwer durchdringbar geworden, daß die Vögel die Pflanze unbehelligt lassen.

Resedaceen. Beide Versuchstiere gingen sehr gern an halbreife isolierte Samen von Reseda odorata. Bei Vorlage der ganzen Frucht versagte der stumpfe Schnabel des Dompfaffs, während der Stieglitz durch die Öffnung der Kapsel hindurch bis zu den Samen gelangen konnte. Gelegentlich war der Dompfaff imstande, die Hülle von außen durchzubeißen und sich so in den Besitz der

gewünschten Samen zu setzen. Auch im Freien stellen manche Vögel solcher Nahrung nach, wie gelegentliche Funde von Reseda lutea mit durchbohrten Kapselwandungen beweisen.

Rosaceen. Von den nichtfleischigen Rosaceen-Früchten untersuchte ich Geum urbanum, Sanguisorba minor, Potentilla norvegica und Spiraea salicifolia. Die beiden letzteren Pflanzen wurden mühelos bis auf geringe für die Tiere wertlose Reste verspeist. Bei Potentilla norvegica konnten die Kelchblätter, welche einen großen Teil des Fruchtstandes schützend bedecken, das Vordringen bis zu den Früchten nicht verhindern. — Geum urbanum und Sanguisorba minor machten den Vögeln insofern mechanische Schwierigkeiten, als sie den Einzelfrüchten nur mit großer Anstrengung beizukommen vermochten; schließlich wurden sie aber doch bewältigt. Die spitzen Haare und Borsten bei Geum schienen nicht zu stören, denn die Fruchtstände wurden in der Mundhöhle nach Vogelart herumgewälzt, ohne daß eine Schmerzempfindung wahrnehmbar gewesen wäre. Ich kann mich also der Meinung von Schwartz (l. c. p. 480f.) nicht anschließen, welcher glaubt, daß die starke Behaarung der Samenschale bei Vögeln eine sehr unangenehme „unechte" Geschmacksempfindung auslöst.

Geraniaceen. Die reifenden Früchte sind bei den untersuchten Arten fast ganz unter dem Kelche verborgen. Geranium sanguineum und G. pratense wurden nach Entfernung der schützenden Hülle ohne Zögern genossen.

Tropaeolaceen. Tropaeolum majus enthält in allen Teilen, auch in den reifenden Früchten, ein sehr unangenehm schmeckendes und riechendes ätherisches Öl. Aus diesem Grunde wiesen die Tiere solches Futter gänzlich zurück, obwohl es in mundgerechte Stückchen zerlegt worden war. Nach Auslaugen mit Alkohol erfolgte eine langsame, aber vollständige Aufnahme.

Trotz dieser Tatsachen ist der häßliche Geschmack kaum als wesentliche chemische Schutzeinrichtung gegen Vögel zu deuten. Im Vergleiche mit anderen Pflanzen scheint bei Tropaeolum die Gefahr des Vogelfraßes durchaus nicht größer zu sein; sicherlich würde die Pflanze auch ohne diese Einrichtung existieren, zumal schon die Größe der Früchte für viele Vögel unbezwingbar ist. Selbstverständlich soll aber durchaus nicht behauptet werden, daß die geschilderten Eigenschaften auch für andere Tiere belanglos wären. Solche chemische Ein-

richtungen bilden entschieden den besten Schutz gegenüber pflanzenfressenden Säugetieren und Schnecken.

Linaceen. Die Kapseln vom Linum usitatissimum wurden sofort aufgeknackt und ihrer Samen beraubt; besonders eifrig zeigte sich dabei der Dompfaff.

Balsaminaceen. Ganze Früchte von Impatiens noli tangere blieben unbeachtet, aus geöffneten wurden die Samen herausgefressen.

Rutaceen. Bei Ruta graveolens sind die Früchte auch vor der Reife so hart und fest, daß ihnen kein Vogel etwas anhaben konnte. Selbst auseinandergeschnittene Früchte, bei denen die inneren weichen Teile bloßlagen, wurden vollständig verschont. An freigelegte Samen machten sich die Versuchstiere nur sehr langsam heran. Aufgezwungene Stückchen der Fruchtwand wurden mit größtem Widerwillen ausgespieen.

Zweifellos ist die Abneigung der Tiere durch das ätherische Öl verursacht, welches alle Teile des Gewächses durchsetzt und auch auf die menschlichen Geruchs- und Geschmacksnerven äußerst widerlich wirkt. Die Samen schmecken weniger stark als die Fruchtwand. Extraktionsversuche stellte ich bei Ruta nicht an; sie dürften aber mit großer Wahrscheinlichkeit wenigstens die Samen für die Vögel genießbar machen. — Auch bei dieser Pflanze scheint der unangenehme Geschmack aus den bereits bei Tropaeolum angeführten Gründen für Vögel nicht wichtig zu sein; gegenüber anderen Tieren aber ist er wohl unentbehrlich.

Euphorbiaceen. Von Euphorbia lathyris wurden weder ganze, noch zerschnittene Früchte angenommen. Diese Tatsache erscheint selbstverständlich, wenn wir uns an die Erfahrungen erinnern, die wir bei der Einwirkung des Milchsaftes dieser Pflanze auf die Geschmacksorgane der Vögel gesammelt haben (Teil I, p. 493f.). Als Schutzmittel speziell gegen Vogelfraß kann der Milchsaft nicht angesprochen werden.

Celastraceen. Staphylaea pinnata konnte auch in jungen Stadien nicht aufgebissen werden; nach Ablösung der harten Schale fanden die Samen großen Anklang.

Aceraceen. Ganze Früchte von Acer campestre wurden nicht angerührt, die isolierten Samen aber gern genossen.

Hippocastanaceen. Roßkastanien (Aesculus hippocastanum) wurden nur verzehrt, wenn sie kurz vor den Versuchen in ganz kleine Teile zerlegt worden waren.

Tiliaceen. Von Lindenfrüchten (Tilia ulmifolia), die den Vögeln vorgelegt waren, blieben nur geringe Reste übrig.

Malvaceen. Einige Früchte von Malva silvestris, welche während der Reife vom Kelche teilweise schützend umgeben sind, vertilgte der Dompfaff sofort, der Stieglitz nach der Zerteilung in kleinere Stücke.

Hypericaceen. An die Kapseln von Hypericum perforatum ging kein Vogel, auch wenn sie derartig geöffnet worden waren, daß die kleinen Samen frei dalagen. Erst nach mehreren Stunden fraß der Dompfaff sehr zögernd davon. Mechanische Schwierigkeiten sind nicht vorhanden; den chemischen Verhältnissen habe ich nicht nachgeforscht.

Violaceen. Veilchen- und Stiefmütterchensamen (Viola gracilis und V. tricolor) waren bei den Tieren sehr beliebt; oft konnten auch ganze Früchte ohne besondere Mühe bewältigt werden.

Onagraceen. Unzerkleinerte Früchte von Oenothera biennis leisteten den Schnäbeln wegen ihrer derben, grünen Hülle zu großen Widerstand; freigelegte Samen wurden sofort verspeist.

Primulaceen. Bei Primula elatior reifen die Früchte im Schutze des großen und festen Kelches; daher konnten die Versuchstiere mit ihren Schnäbeln nicht weit genug vordringen. Nach Entfernung des Kelches wurden die noch nachgiebigen Früchte geöffnet und der Inhalt verzehrt. Bei Lysimachia vulgaris und Anagallis arvensis bleibt der Kelch klein und ist nicht so wichtig; infolgedessen war es möglich, daß die Früchte den Vögeln sofort zum Opfer fielen.

Gentianaceen. Früchte von Gentiana asclepiadea wurden von den Versuchstieren zerbissen und der Inhalt z. T. vernichtet.

Asperifoliaceen. Sämtliche den Tieren vorgelegte Früchte (Symphytum officinale, Borrago officinalis, Anchusa officinalis und Myosotis palustris) waren als Nahrung mehr oder weniger angenehm; nur einige unbrauchbare Reste blieben zurück. Die heranwachsenden Früchte werden bei vielen Asperifoliaceen von dem Kelche verhüllt, den ich häufig erst wegnehmen mußte; nur der Stieglitz konnte wegen seines spitzen Schnabels manchmal bis zu der begehrten Speise gelangen. — Lithospermum arvense zeigte sich durch seine Härte den Mundwerkzeugen der Tiere durchaus gewachsen, sodaß diese Pflanze unbehelligt blieb.

Draußen im Freien werden einige Asperifoliaceen gern von Vögeln aufgesucht; z. B. konnte ich wiederholt beobachten, daß

Grünfinken und Sperlinge besonders Anchusa-Arten kurz vor der Reife ihrer Früchte beraubten.

Labiaten. Die Früchte von Salvia officinalis, verticillata und pratensis, sowie von Lamium album, Galeopsis tetrahit und Stachys silvatica wurden z. T. recht gern aufgenommen. Wie bei den Asperifoliaceen ist auch bei vielen Labiaten der Kelch als Schutzorgan während der Samenreife nicht ohne Bedeutung, läßt allerdings die Mitte unbedeckt. Trotzdem mußte ich auch hier die grüne Hülle oft erst loslösen, ehe den Vögeln die Einzelfrüchtchen zugänglich wurden. Bisweilen gelang es dem kräftigen Schnabel des Dompfaffs, den Kelch durchzubeißen und sich auf diese Weise die Früchtchen anzueignen.

Hervorzuheben ist die Tatsache, daß die Labiaten ätherische Öle besitzen. Letztere zählen also zu denjenigen Arten ätherischer Öle, welche sich nicht zur Abwehr von Vögeln eignen.

Verbenaceen. Die Ähren von Verbena officinalis wurden von den Versuchsvögeln zerzupft und der Inhalt z. T. verspeist.

Solanaceen. Von nichtfleischigen Solanaceen-Früchten verfütterte ich Nicotiana tabacum. Nach einigen vergeblichen Versuchen durchlöcherten beide Vögel die Kapselwandung. Von der Öffnung aus holten sie zahlreiche Samen heraus und verschluckten sie, ohne irgendwelche nachteilige Folgen zu erleiden. Leider sind die Samen für Vornahme genauer Zählungen zu klein.

Scrophulariaceen. Die Früchte von Verbascum blattaria, Linaria cymbalaria und Linaria vulgaris wurden bis auf geringe Überbleibsel vertilgt. Bei Antirrhinum majus stellten die Kapseln zu große Hemmnisse dar und mußten erst zerschnitten werden. Die jetzt leicht erreichbaren Samen dieser Pflanze wurden verstreut und schienen auch größtenteils gefressen zu sein; sie sind jedoch so winzig, daß einwandfreie Befunde nicht möglich waren.

Plantaginaceen. Plantago major und Plantago media erfreuten sich bei den Versuchsvögeln der größten Beliebtheit. Sobald sie solche noch grüne Ähren erblickten, stürzten sie sich darauf los und ließen alles andere Futter im Stiche. Dabei schienen den Tieren die grünen Hüllen, welche dem Schnabel gar keine Schwierigkeiten bieten, ebenso gut zu munden wie die in ihnen befindlichen Samen. Draußen in der freien Natur, wo ja die Plantago-Arten als Unkräuter massenhaft wachsen, habe ich an ihnen niemals Vogelfraß entdecken können; die grüne Farbe, der unbe-

queme Standort dicht über der Erde auf wenig tragfähigem Stengel und die Fülle von anderen Nahrungsmitteln dürften hier mitwirken. Vielleicht ahnen die Tiere überhaupt nichts von der Genießbarkeit der Fruchtstände, denn auch die Käfigvögel gingen anfangs nicht an solches Futter, bis sie es erst gekostet und kennen gelernt hatten.

Rubiaceen. Früchte von Galium aparine wurden gern und vollständig verzehrt.

Valerianaceen. Centranthus ruber verhielt sich ähnlich wie Galium aparine.

Campanulaceen. Die Früchte von Campanula rotundifolia wurden nicht ungern angenommen; die von einigen anderen Campanula-Arten konnten die Tiere wegen ihrer widerstandsfähigen Kapselwandung nur mit großer Mühe bewältigen, freigelegte Samen wurden eher genossen.

Die hier aufgezählten Experimente könnten bei jeder einzelnen Familie sehr leicht beliebig vermehrt werden. Eine Grenze ist nur durch besondere Kleinheit der Samen gegeben, weil dann die Beobachtungen zu schwierig und unzuverlässig werden.

Bei den in diesem Kapitel untersuchten unreifen oder halbreifen Samen und Früchten fanden sich verhältnismäßig nur wenige, deren chemische Beschaffenheit (Geschmack oder Geruch) den Vögeln nicht zusagte. Auch für diese geringe Anzahl würde — auszunehmen sind vielleicht die Allium-Arten — das Fehlen dieser Eigenschaften keinen nennenswerten Vogelfraß zur Folge haben, da ein Vergleich mit anderen Pflanzen keine Schutzeinrichtungen erkennen läßt, welche die schlecht schmeckenden (oder -riechenden) Samen und Früchte nicht auch besäßen.

Als Schutzmittel gegen unbefugten Vogelfraß ist die chemische Beschaffenheit also kaum zu deuten. Diese Feststellung ist insofern wichtig, als die chemischen Eigenschaften der reifenden Früchte wiederholt als Schutzeinrichtung gegen Vögel angesprochen wurden und gegenüber anderen Tieren (Säugetieren, Schnecken, Raupen) tatsächlich auch wirksam sind.

b) Reife Samen und Früchte.

Mit ausgereiften trockenen Samen und Früchten einerseits und Vögeln andererseits sind bereits zahlreiche Versuche angestellt worden, und zwar hauptsächlich aus landwirtschaftlichem, z. T.

auch aus ornithologischem Interesse. Die Tatsache, daß viele reife Keime dem Heere der Körnerfresser zum Opfer fallen, ist allgemein bekannt; werden doch manche Arten gesammelt und als Vogelfutter verwendet. Außerdem ist der Nachweis für den Verlust ihrer Keimfähigkeit bis auf wenige Ausnahmefälle wiederholt erbracht worden. Es gibt auch nach Familien geordnete Zusammenstellungen der (reifen) Samen und Früchte, welche ganz bestimmten, einzeln genannten Vögeln als Nahrung dienen. Zahlreiche Pflanzen sind aber auch festgestellt, deren (reife) Samen und Früchte aus irgendeinem Grunde nicht verzehrt werden können, meist wegen ihrer Härte. Die wichtigste Literatur führte ich schon oben p. 777 an.

Weil diese Frage schon genügend geklärt wurde, habe ich mit reifen Samen und Früchten aus den für dieses Kapitel wichtigen Familien nicht viel experimentiert. Eine nähere Beschreibung meiner eigenen Fütterungsversuche würde gegenüber anderen Forschern nur Wiederholungen bringen und unterbleibt aus diesem Grunde. Auch halte ich es für unsere Zwecke für unnötig, die Einzelergebnisse von früheren Arbeiten hier mitzuteilen, soweit sie weiter nichts bieten als die bloße Feststellung, ob ein Same angenommen wurde oder nicht.

Uns interessiert vielmehr die Frage, welche Schutzeinrichtungen diejenigen Samen und Früchte haben, die der drohenden Vernichtung entgehen. Es gibt keine Pflanzenart, welche vollkommen wehrlos wäre, aber auch keine, die ganz und gar verschont würde. Spezialisten halten sich natürlich nicht an diese allgemeine Regel, ebenso sind die Samen und Früchte, welche synzoisch verbreitet werden, hier auszunehmen.

Die Schutzeinrichtungen der reifen Samen und Früchte von Compositen, Gramineen und Leguminosen genügen auch für alle anderen Familien vollständig. Es ist mir nicht gelungen, außer den Umbelliferen noch eine andere Familie aufzufinden, bei der ein chemischer Schutz den Vögeln gegenüber unentbehrlich wäre: immerhin wäre dieser Fall bei unwichtigeren Pflanzen möglich, die ich nicht untersuchte.

Größere Samen und Früchte aller Familien sind ihrer gelblichen oder bräunlichen Farbe halber schlecht sichtbar und bieten wegen ihrer Härte dem Schnabel der Körnerfresser manche unüberwindliche Schwierigkeiten. — Kleine Samen und Früchte besitzen ebenfalls eine Schutzfarbe, sind aber oft nachgiebig und müssen massenhaft gebildet werden, damit eine genügende

Anzahl am Leben bleibt. Von großer Bedeutung sind auch gute Verbreitungseinrichtungen, welche für weite Ausstreuung Sorge tragen: neben der geringen Größe und unauffälligen Färbung wird auch hierdurch die Entdeckung sehr erschwert. Die Begriffe „klein" und „groß" sind selbstverständlich relativ: ein kleiner Vogel wird Samen zurückweisen, die für einen großen sehr wohl genießbar sind, und umgekehrt wird ein großes Tier manches winzige Korn unbeachtet lassen, das von einem kleinen gern verspeist wird. Auch die Schnabelkraft wird bei verschiedenen Vogelarten verschiedene Leistungsfähigkeit bedingen und deshalb derselbe Grad von Härte bald nicht bezwungen, bald mit Leichtigkeit bewältigt werden können. Ebenso dürfte endlich auch die Sehschärfe von großem Einfluß sein.

Etwas ausführlicher möchte ich noch auf einige Arbeiten eingehen, welche nicht bloße Aufzählungen von Samen oder Vögeln bringen, sondern die Schutzeinrichtungen genauer schildern oder Erklärungsversuche aufweisen.

Als anatomische Grundlage der für die vorliegende Frage so bedeutungsvollen Härte der (reifen) Samen und Früchte ist zunächst Nobbe, Handbuch der Samenkunde, Berlin 1876, zu nennen, welcher in zwei kleinen Kapiteln den Bau der Fruchtschale (p. 52—57) und die Samenhülle (p. 65—85) behandelt.

Viel wichtiger durch die Fülle der untersuchten Samen ist die Arbeit von Marloth, Über mechanische Schutzmittel der Samen gegen schädliche Einflüsse von außen, Englers botanische Jahrbücher 1883, p. 225—265. Er fand, daß die Ausbildung dickwandiger Elemente nur bei wenigen Samen gänzlich fehlt, die einen solchen Schutz entbehren können, da sie unter besonderen Bedingungen ausgestreut werden. Alle übrigen Samen und Früchte, besonders die größeren, sind mit mechanischen Schutzeinrichtungen versehen, welche unter anderem auch gegen die Angriffe von Tieren, speziell Vögeln, wirken. Die schützenden Bestandteile liegen entweder in der sehr verschiedenartig ausgebildeten Schale, oder unter ihr in Gestalt von dickwandigen Eiweißzellen, oder auch doppelt in Schale und Eiweiß. Gelegentlich spielen auch Verkalkung oder Verkieselung der Membranen eine große Rolle. Verwandte Pflanzen besitzen häufig verschiedenartigen Schutz; gewöhnlich zeigt die Art der Zellformen eine Anpassung an die Art der Verbreitung. Einzelheiten können nötigenfalls in dem alphabetischen Ver-

zeichnis der untersuchten Samen und Früchte (l. c. p. 261—264) nachgelesen werden.

Endlich möchte ich an dieser Stelle nochmals an die oben p. 797 genannten Spezialschriften über die Fruchtschale der Compositen erinnern.

Ganz besondere Beachtung wegen ihrer interessanten Erklärungsversuche verdienen die „Beiträge zur Ernährungsbiologie unserer körnerfressenden Singvögel" von Schwartz, Arbeiten a. d. Kaiserl. Biol. Anst. f. Land- u. Forstwirtschaft, Berlin 1908. Für seine Versuche benutzte er, wie schon erwähnt, neun Vogelarten, nämlich Goldammer, Grünfink, Buchfink, Hänfling, Zeisig, Girlitz, Stieglitz, Kanarienvogel und Fichtenkreuzschnabel. Zur Verfütterung kamen 169 verschiedene Samen und Früchte von möglichst vielen Pflanzenfamilien; manche von ihnen scheiden für unsere Zwecke von vornherein aus, da sie die Kerne von fleischigen Früchten bilden und schon deshalb unter normalen Verhältnissen von Körnerfressern nicht bedroht sind.

84 Samensorten wurden von keinem Vogel gefressen. Davon widerstanden 28 infolge ihrer Härte den Bemühungen aller Versuchstiere, sie zu öffnen; einige sind allerdings aus dem eben angeführten Grunde für Körnerfresser ohne weiteres auszuschalten. Bei 10 weiteren Arten stellte sich heraus, daß zwar nicht die Härte des Samens oder seiner Schale das Verzehren vereitelten, wohl aber die schlechte Schälbarkeit. Da die körnerfressenden Singvögel (nicht alle Körnerfresser!) gewohnt sind, vor dem Verschlucken die Samenschale von dem Inneren durch einen Schnabeldruck zu trennen, so werden sie diejenigen Samen verschmähen, bei denen dies nicht oder nur mit großer Anstrengung möglich ist.

Der Schnabel der samenfressenden Vögel hat eine doppelte Funktion: er dient als Beißwerkzeug und als Greiforgan. Aktiv beim Beißen wirkt nur der Unterschnabel, der Oberschnabel dagegen als passiver Widerstand. Durch längere anatomische und physikalische Untersuchungen weist Schwartz nach, daß die Unterkiefer unserer körnerfressenden Singvögel als einarmige Winkelhebel aufzufassen sind und daß ein geradlinig verlaufender Unterschnabel zum Zerbeißen von Samenkörnern geeigneter ist als eine gebogene oder geknickte Form. Der Oberkiefer aber hat die Aufgabe, das Samenkorn festzuhalten und am Entgleiten zu hindern; dieser Zweck wird erreicht durch starke Aushöhlung und Wölbung, sowie häufig durch besondere Längsrinnen, in die hinein

die Unterkieferschneiden passen, sodaß die Ränder des Oberschnabels etwas über den Unterschnabel hinübergreifen.

Sowohl der untere wie auch der obere Teil des Schnabels der Goldammer ist bei allen Versuchstieren seinem Bau nach am wenigsten zweckmäßig; deshalb ist dieses Tier lediglich auf den Genuß der leicht enthülsbaren Grassamen angewiesen. Der Kreuzschnabel ist in vieler Beziehung mit dem leistungsfähigsten Schnabel ausgerüstet, wobei jedoch gewisse anatomische Eigentümlichkeiten zu berücksichtigen sind. Auch bei den anderen Vögeln sind erhebliche Unterschiede vorhanden; ihre Schnäbel sind daher einer ganz verschieden harten Nahrung gewachsen.

Als Greiforgan wird der Schnabel um so besser verwendbar sein, je spitzer er ist. Zeisig, Hänfling und Stieglitz sind mit sehr spitzen Schnäbeln versehen. Der Kreuzschnabel aber besitzt ein für das Aufheben von kleinen Samen ungeeignetes Greifwerkzeug; er kann nur solche Samen aufnehmen und verzehren, welche größer sind als ein Hirsekorn. Überhaupt liegt die Größe der Samen und Früchte zwischen einem Maximum und einem Minimum, die selbstverständlich für verschiedene Vögel verschiedenartig sind; weder zu große noch zu kleine Samen können bezwungen werden. Auch Form und Oberfläche der Körner sind oft für das Ergreifen und Festhalten von Bedeutung. — Also auch die anatomische Ausbildung des Schnabels kann einen Vogel am Verzehren eines Samens hindern.

Ferner zählt Schwartz 25 Samensorten auf, welche den Vögeln zwar keine mechanischen Schwierigkeiten bereiten, aber sich chemisch durch Geruch, Geschmack oder Giftigkeit auszeichnen und gerade wegen dieser Eigenschaften verschont werden sollen. Auf diese Frage ging ich bereits im ersten Teile der Arbeit ausführlich ein (p. 480—499) und griff sie im zweiten Teile, wo es nötig war, wieder auf (Umbelliferen p. 803—805; Leguminosen p. 807—809; Allium-Arten p. 812; Ranunculaceen p. 814f.; Tropaeolaceen p. 816; Rutaceen p. 817; Euphorbiaceen p. 817; Solanaceen p. 819). An passenden Stellen habe ich auch die Schwartzschen Versuche bereits erwähnt; sie brauchen also hier nicht wiederholt zu werden. Ich möchte nur nochmals betonen, wie vorsichtig man bei den Vögeln mit solchen Folgerungen sein muß, insbesondere auch bei giftigen Substanzen (vgl. Teil I, p. 483f., sowie Teil II, p. 807—809, 814, 819). — Im Anschluß an die Erörterungen über die erwähnten 25 Samenarten geht dann Schwartz auf den Geschmackssinn der

Vögel ein; auch über diesen Punkt wurde schon im ersten Teile das Wesentliche berichtet, besonders p. 498f.

Endlich benutzt SCHWARTZ zur Erklärung seiner Versuche auch den Gesichtssinn der Vögel, auf den ich ja von vornherein das größte Gewicht gelegt habe. Er beobachtete oft, daß die Versuchstiere manche Samen schon beim bloßen Anblick verschmähten, ohne sie erst gekostet zu haben. Im einzelnen können dreierlei Eigentümlichkeiten des Aussehens abschreckend wirken, ungewohnte Form, Größe und Farbe.

Vögel, welche von den gewöhnlichen „Körnern" leben, werden alle Samen, die nicht die Normalform eines „Kornes" haben, unbeachtet lassen, weil sie sie nicht als genießbar erkennen. So verhielten sich alle Versuchstiere bei Acer pseudoplatanus, Aristolochia sipho, Fraxinus excelsior, Cynoglossum officinale, Agrimonia eupatoria und anderen Samen; nur der durch sein freies Waldleben gewitzigtere Kreuzschnabel ließ sich oft nicht irre machen.

Auch Samen, die von der für jede Vogelart normalen Größe abweichen, fanden keine Berücksichtigung. Die kleinschnäbligen Körnerfresser kümmerten sich nicht im geringsten um die großen Samen der Eichen und Zirbelkiefer, während sie der Kreuzschnabel wenigstens versuchte, wenn sie auch nicht immer zu bewältigen waren. Dagegen verweigerte der Kreuzschnabel von Anfang an alle Samen, welche nicht größer waren als ein Hirsekorn, weil er seine Schwäche gegenüber solchem Futter aus Erfahrung kannte.

Oft ist auch die Normalfarbe der Sämereien von ausschlaggebender Bedeutung. Der im Walde aufgewachsene Kreuzschnabel bevorzugte wegen der aus Coniferen-Samen bestehenden Hauptnahrung dunkelbraune Körner, während er hellgelbe, z. B. Hirse, nicht einmal probierte; die übrigen Versuchstiere, welche in der Freiheit Gelegenheit hatten, viele verschiedene Samenarten aufzunehmen, waren nicht so wählerisch. Aber auch sie ließen sich durch unbekannte Farben abhalten. Ein Stieglitz und ein Hänfling wiesen trotz großen Hungers sonst gern gefressenes Futter zurück, welches durch Methylenblau gefärbt worden war, und ließen sich erst nach einiger Zeit dazu bewegen, die seltsame Masse zu verzehren.

Ganz ähnliche Beobachtungen schilderte ich im ersten Teile p. 491. Durch Pikrinsäurelösung hatte das „Waldfutter"

eine hochgelbe, ungewohnte Farbe angenommen und wurde deshalb von den Versuchstieren ohne Kostprobe verschmäht.

Von solchen künstlich hervorgerufenen auffälligen Färbungen verspricht sich SCHWARTZ manchen Erfolg, wenn es gilt, ausgesäte Körner gegen die räuberischen Saatkrähen zu schützen. Da sich aber diese Tiere bald solchen Farben anpassen würden, will er gleichzeitig unangenehm schmeckende und riechende Stoffe einbeizen, von denen aber meiner Meinung nach nur die allerschärfsten verwendet werden dürften. — Bei praktischen Versuchen mit gebeiztem, aber noch keimfähigen Saatgut, welche SCHWARTZ[1]) später mit Krähen anstellte, zeigte sich, daß blaue Farben (Preußischblau) verhältnismäßig am meisten schützten; auch grüne Körner (Anilingrün) wurden nur ungern gefressen, rot dagegen (Signalrot) übte nur wenig Einfluß aus. Als Geschmacksmittel ließen sich mit stark bitterem Aloepulver nachhaltige Wirkungen erzielen, obgleich das Aussehen der Körner gar nicht verändert war; für den Geruchssinn schien Kreolinlösung von Bedeutung zu sein.

Vielleicht wäre die von mir angewandte Pikrinsäure für Beizversuche besonders gut geeignet, da sie mehrere von den gewünschten Eigenschaften in sich vereinigt. Voraussetzung ist natürlich, daß sie sich nicht als zu teuer erweist und der Keimfähigkeit keinen Eintrag tut.

6. Zusammenfassung des zweiten Teiles.

Bei dem Überblicke über die Ergebnisse des ersten Teiles konnte vor allem festgestellt werden, daß die Kerne der fleischigen Früchte unversehrt bleiben, wenn sie von den in Betracht kommenden Vögeln verzehrt worden sind, und daß sie bei dieser Gelegenheit ihre Verbreitung finden. Von den nichtfleischigen Samen und Früchten aber ist auszusagen, daß sie wegen des anatomischen Baues der Freß- und Verdauungswerkzeuge der sie vertilgenden Vögel, der Körnerfresser, nur selten am Leben bleiben und deshalb nicht wie die Fleischfrüchte Anlockungsmittel tragen dürfen, sondern vielmehr Schutzeinrichtungen gegen solchen unbefugten Tierfraß besitzen müssen.

Da die Vögel im Gegensatze zu anderen Tieren chemischen Einflüssen ziemlich unzugänglich sind, werden die Samen und

1) SCHWARTZ, Saatenschutz gegen Krähen. Mitteilungen a. d. Kaiserl. Biolog. Anstalt f. Land- u. Forstwirtschaft, H. 8, p. 35—39. Berlin 1909.

Früchte gewöhnlich nicht infolge schlechten Geschmackes oder Geruches zurückgewiesen; auch vor der Reife pflegen sie nicht chemisch geschützt zu sein. Viel wirksamer sind mechanische Schutzeinrichtungen in Gestalt harter Samenschalen oder Fruchthüllen, denen die Kraft des Vogelschnabels nicht gewachsen ist; dagegen scheinen Stacheln und andere spitze Gebilde der Oberfläche entsprechend der Unempfindlichkeit der Mundhöhle und des Verdauungsapparates ohne großen Einfluß zu sein. In Übereinstimmung mit der guten Ausbildung des Vogelauges sind Schutzfarben äußerst wichtig, weil sie die Körner vor den Blicken der Vögel verbergen.

Während der Reife genügt meist eine Schutzhülle, welche wie die umgebenden Blätter grün gefärbt ist; gewöhnlich besteht sie einfach aus der Wandung des Fruchtknotens, oft aber auch aus den mitwachsenden Kelchblättern oder besonderen Hüllen. Der dünne, schwankende Stengel vieler Pflanzen, auf dem sich die Tiere nicht sicher niederlassen können, die Gewohnheit vieler Körnerfresser, ihre Nahrung vom Boden aufzulesen, das Vorhandensein anderer Nahrung zur Zeit der Fruchtreife in Hülle und Fülle, das alles sind Umstände, welche zur Erhaltung der reifenden Körner beitragen mögen. Lenkt man die Aufmerksamkeit der Tiere auf reifende, bequem zugängliche Früchte, so werden sie mit geringen Ausnahmen gern ausgefressen, wenn die Wandung nachgiebig genug ist; anderenfalls macht die Entfernung der Hülle die Samen in der Regel genießbar.

Ausgereifte Samen und Früchte, besonders die größeren, sind häufig genügend erstarkt, um vielen Vögeln ein Zerbeißen der Schalen unmöglich zu machen; bisweilen wirkt auch noch die schlechte Schälbarkeit erschwerend. Ihr Aussehen pflegt erdfarben zu sein, zeigt also dunkle, braune bis gelbe Farbentöne. Die kleineren reifen Arten sind gewöhnlich nicht besonders hart, haben aber Schutzfarben und oft als weitere nicht zu unterschätzende Eigenschaften gute Verbreitungseinrichtungen, sowie reichliches Auftreten. Die geringe Größe verhindert das Auffinden durch manche Tiere, während ganz große Samen von den meisten Vögeln nicht bewältigt werden können. Abweichende Gestalt und Färbung sind imstande, viele Vögel abzuhalten.

Selbstverständlich ist keine der genannten Schutzeinrichtungen vollkommen zuverlässig. Besonders die kleineren Samen und Früchte haben viel unter Vogelfraß zu leiden, aber diese Tatsache ist von größter Bedeutung einerseits für die Erhaltung

unserer Körnerfresser im Winter, die deshalb bei zusammenhängender und dauernder Schneedecke bittere Not leiden müssen, und andererseits für die Vernichtung zahlreicher Unkrautsamen.

Körner, welche von vielen Vogelarten aus irgendeinem Grunde unbehelligt bleiben, werden oft durch andere mühelos verzehrt. Die Größe des Tieres, Beschaffenheit des Schnabels, durch Gewöhnung erworbene Vorliebe für gewisse Körner und andere Umstände wirken mit, um das verschiedene Verhalten der Tiere zu bedingen.

Im allgemeinen sind weder ganz junge, noch ganz reife, sondern halbreife Samen und Früchte am meisten gefährdet, da sie bereits viele Reservestoffe aufgehäuft, aber noch nicht genügende Widerstandskraft erlangt haben. Während die fleischigen Früchte erst nach der Reife weich werden, vorher aber hart waren, ist bei den nichtfleischigen Samen und Früchten gerade das Umgekehrte der Fall.

Große und nahrhafte Samen und Früchte sind bei manchen Vögeln recht begehrt, obwohl ihnen nur schwer beizukommen ist. Sie werden von den Tieren fortgeschleppt und können unterwegs oder beim Öffnen der festen Schale leicht zu Boden fallen. Die so vermittelte Verbreitung nennt man synzoisch und läßt den Schluß zu, daß diese Art von Tierfraß nicht unbefugt ist.

Im einzelnen ist besonders interessant die Familie der Compositen. Bei den Schutzeinrichtungen während der Reife kann man drei Typen unterscheiden, welche nach den Hauptvertretern Tragopogon-, Helianthus- und Carlina-Typus heißen mögen. Beim ersten Typus sind grüne Hüllkelche vorhanden, beim zweiten bleibende Blumenkronen und beim dritten dichte Haarfilze; keiner der drei Typen aber ist rein ausgeprägt. Alle anderen Compositen, mit denen ich experimentierte, schließen sich an die genannten Pflanzen an und weisen häufig eine Mischung der bei diesen gefundenen Schutzeinrichtungen auf.

Bei den Dipsaceen entzieht der Außenkelch die reifenden Früchte den Augen der Vögel; denselben Dienst verrichten bei den Gramineen die Spelzen, und bei manchen Cyperaceen hilft der Utriculus (Carex-Arten).

Die Familie der Umbelliferen ist die einzige, welcher ein chemischer Schutz unentbehrlich ist; er besteht in dem Vorhandensein von ätherischen Ölen. Aber auch hier gibt es einzelne Ausnahmen.

Bei den Leguminosen gelang es vorläufig nicht, die Verhältnisse ganz zu klären. Trotzdem kann festgestellt werden, daß auch diese Pflanzen völlig ausreichende Schutzmittel gegen Vogelfraß besitzen, und zwar für die heranwachsenden Samen in Gestalt der grünen Hülse.

Alle übrigen wichtigeren Familien, welche gemeinsame Behandlung fanden, zeigen nichts wesentlich Neues. Chemischer Einrichtungen halber werden nur wenige reifende Samen und Früchte verschmäht, und auch sie würden das Fehlen dieser Eigenschaften in bezug auf Vogelfraß nicht so nachteilig empfinden wie die Umbelliferen; auszunehmen wären vielleicht noch die Allium-Arten.

Weniger mannigfaltig als vor der Reife sind die Schutzeinrichtungen bei den ausgereiften Samen und Früchten. Die Betrachtung der Einzelfamilien bietet nichts, was gegenüber dem oben allgemein geschilderten Verhalten besonders hervorgehoben werden müßte. Nur darauf ist hinzuweisen, daß bei den Umbelliferen die chemische Beschaffenheit auch nach der Reife von großem Werte ist.

Weder vor noch nach der Reife gibt es Samen oder Früchte, welche gegenüber Vögeln (und Säugetieren) nicht irgendwelche Schutzeinrichtungen hätten; von den Spezialisten ist dabei natürlich abzusehen. Bei der Entstehung solcher Schutzmittel scheint die auslesende Tätigkeit der Vögel (und Säugetiere) zum mindesten beteiligt gewesen zu sein, wenn auch der Einfluß von Wind, Wasser und anderen verletzend wirkenden Naturkräften durchaus nicht außer acht gelassen werden darf.

Anhang.

Wie schon früher erwähnt, möchte ich in Form eines Anhanges noch kurz auf einige Fragen eingehen, für deren Erörterung sich in den beiden Hauptteilen der Arbeit keine passende Gelegenheit bot.

Zunächst sollen hier einige allgemeine Bemerkungen über besondere Schwierigkeiten beim Experimentieren mit Vögeln gemacht werden, wobei aber möglichst wenig von den Erläuterungen zu wiederholen ist, welche zum Verständnis der Einzelversuche bereits früher nötig waren. Ferner mögen an dieser Stelle einige

Erklärungsmöglichkeiten von manchen Schutzeinrichtungen an Samen und Früchten Platz finden, welche nicht gegen Vögel, sondern gegen andere Tiere zu wirken scheinen.

1. Schwierigkeiten beim Experimentieren mit Vögeln.

Wer jemals biologische Versuche anstellte, der weiß, mit wieviel Schwierigkeiten dabei zu kämpfen ist. Oft ruft ein unbedeutender, gar nicht beachteter oder erwünschter Wechsel der äußeren Bedingungen eine wesentliche Abänderung in den Befunden hervor. Auf jede Einwirkung erfolgt eine prompte, vielleicht durchaus nicht beabsichtigte Rückwirkung, und zwar wegen der großen Empfindlichkeit und Reizbarkeit der Organismen wesentlich leichter als bei anorganischen Versuchsobjekten.

Man darf sich daher nicht wundern, wenn gelegentlich bei demselben Versuche, vielleicht gar mit demselben Tiere zu verschiedenen Zeiten ganz abweichende Ergebnisse erzielt werden. Forscht man dann nach, so ist gewöhnlich irgendein kleiner, scheinbar nebensächlicher Umstand die Ursache des Widerspruches. Wenn zwei Forscher in biologischen Fragen verschiedener Meinung sind, ist es trotzdem sehr wohl möglich, daß beide richtig beobachtet haben. Vor allem kommt es auf das persönliche Wohlbehagen oder die persönliche Mißstimmung, man möchte fast sagen auf die Laune der Versuchspflanzen oder -tiere an, z. B. wird ein hungriges Tier nicht zusagende Nahrung eher verzehren als ein gesättigtes, und ein krankes Tier weist selbst Leckerbissen zurück. Man soll daher jeden Versuch mehrmals wiederholen, und zwar nicht etwa nur mit einem, sondern mit verschiedenen Einzeltieren.

Selten lassen sich die Experimente mit völlig frei lebenden Vögeln ausführen, nämlich nur dann, wenn die Tiere gewohnt sind, sich zu einer gewissen Zeit an einer bestimmten Stelle einzufinden, die von einem Verstecke aus überblickt werden kann. Selbstverständlich haben solche Wahrnehmungen einen besonderen Wert, scheitern aber oft auch an der geringen Größe der Versuchsobjekte, in unserem Falle also der Körner, die noch dazu auf der Erde liegen und deshalb schwer sichtbar sind.

In der Regel ist man also auf gefangene Tiere angewiesen. Man wird ihnen möglichst natürliche Bedingungen geben wollen, was aber bei Vögeln besonders schwer fällt. Kein anderes Tier lebt draußen so ungebunden wie gerade der Vogel; die Bewegungsfreiheit ist unbedingt nötig für sein Wohlergehen und wirkt auf den Appetit sehr anregend. Am besten nimmt man

große Flugkäfige im Freien, wie sie z. B. der Kaiserlichen Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft in Dahlem zur Verfügung stehen. Leider war ich gezwungen, alle Versuche im Zimmer auszuführen, doch suchte ich möglichst große Käfige zu wählen und auch die Temperatur bis zu einem gewissen Grade der draußen herrschenden anzupassen. Jeder Käfig enthielt entweder nur ein einziges Tier, oder doch nur solche derselben Art.

Trotzdem dürften manche Fehler unvermeidlich gewesen sein. Die natürliche, senkrechte Stellung derjenigen Fruchtstände, deren Früchte die Vögel von der Pflanze selbst zu pflücken pflegen (Fleischfrüchte, Disteln, Sonnenblume usw.), kann nur ausnahmsweise erreicht werden. Körnerfutter darf man nicht immer auf dem Boden des Käfigs ausstreuen, weil dadurch die Beobachtungen besonders bei kleinen Samen erschwert würden, wo ohnehin die Schalen bereits verzehrter Samen von unberührten Körnern manchmal nur mit Mühe zu unterscheiden sind. Während freilebende Körnerfresser jedes einzelne Korn von der Erde auflesen, haben gefangene Vögel häufig eine große Abneigung gegen diese Art der Nahrungsaufnahme; der Weg zum Futternapfe ist ihnen viel bequemer als das lange Herumsuchen. Selbst Leckerbissen bleiben manchmal unbeachtet, wenn sich die Tiere die Mühe geben müssen, sie vom Boden aufzuheben, so Capsella, Plantago und gelegentlich auch Helianthus. Im Käfige ist weniger Auswahl vorhanden, dagegen sind die vorgelegten Substanzen den Vögeln viel leichter sichtbar und erreichbar als im Freien, weil der Raum viel beschränkter ist.

Nur frisch gefangene Vögel sind verwendbar, nicht aber solche, welche in der Gefangenschaft aufgezogen worden sind. Käfigvögel können sich ihre Nahrung nicht selbst suchen, sondern müssen das ihnen Gebotene nehmen. Sie gewöhnen sich oft derart an die dargereichte Futtersorte, daß sie alles andere, was ihnen vorgelegt wird, verschmähen, selbst wenn es sehr wohl genießbar ist. Andere Tiere, die vielleicht schon länger in Gefangenschaft leben, zeigen gerade das entgegengesetzte Verhalten; sie haben sich ihr Futter zum Überdruß gefressen und stürzen sich begierig auf jede ungewohnte Erscheinung. Verschiedene Vögel unter denselben Verhältnissen erweisen sich in dieser Beziehung als ganz verschiedenartig veranlagt. Ferner sind oft die Schnabelkräfte bei freilebenden Tieren besser ausgebildet als bei gefangenen, die vielleicht immer nur „gequetschte“ Nahrung erhielten. So vermochte z. B. ein vom Vogelhändler gekaufter Dompfaff nur das

Fleisch, nicht aber die Kerne derselben Fleischfrüchte zu verzehren, von denen andere vor kurzem eingefangene Tiere derselben Art auch die Kerne mühelos vertilgten (vgl. Teil I, p. 506).

Aber auch ganz frisch gefangene Tiere sind zu Versuchen nicht geeignet, vielmehr muß stets erst einige Zeit vergehen, bis sie mit den gänzlich veränderten Lebensbedingungen vertraut geworden sind. Es ist bekannt, daß viele Vögel sofort nach dem Einfangen die Nahrungsaufnahme zunächst verweigern; manchen Arten ist die Freiheit so unentbehrlich, daß sie nach kürzerer oder längerer Zeit zugrunde gehen. Von den in der vorliegenden Arbeit benutzten Vögeln konnte der Sperling die Gefangenschaft am schlechtesten vertragen.

Anfangs machte ich vor allem den Fehler, nur hungrige Tiere anzuwenden. Zwar verlaufen dann die Versuche schneller, und häufig kann man das Verhalten der Tiere beim Fressen direkt beobachten; für die Beurteilung eines Versuches ist ja diese Kenntnis sehr wichtig, kann aber unter gewöhnlichen Umständen wegen der Scheu der Tiere gar nicht oder nur von einem Verstecke aus erlangt werden. Dafür aber findet fast alles Aufnahme, auch manches Futter, das draußen im Freien nur zur Zeit der höchsten Not angegriffen würde. — Einmal gingen besonders empfindliche Tiere ein (einige Blaumeisen). Die Nahrung war ihnen auf einige Stunden entzogen worden; sie hatten von einem gar nicht zusagenden Futter nur wenige Bissen verzehrt und waren nach kurzer Zeit verhungert. Natürlich glaubte ich zunächst, die verfütterte Substanz sei schuld an ihrem Tode, bis endlich weitere Versuche den Sachverhalt aufklärten.

Später zog ich dann gesättigte Tiere zu den Versuchen heran mit dem Erfolge, daß sie alles liegen ließen außer Leckerbissen. Richtige Ergebnisse erhält man am besten, wenn man halbgesättigte Tiere nimmt. Bei den Einzelversuchen führte ich schon wiederholt an, daß es vorteilhaft ist, die Nahrung ungefähr für eine halbe Stunde vor Beginn des Versuches zu entfernen. Auch empfiehlt es sich, neben der zu untersuchenden Substanz noch etwas von dem alltäglichen Futter in den Käfig hinein zu tun, aber kein Mischfutter, sondern der leichteren Unterscheidung halber nur eine Sorte, z. B. Hanf.

Wenn man so verfährt, werden auch unnötige Tierquälereien vermieden, die nach Möglichkeit zu unterlassen das aufrichtige Bestreben eines jeden Biologen ist.

Mit den im ersten und zweiten Teile der Arbeit vorliegenden Ausführungen sind die Schutzeinrichtungen gegen unbefugten Vogelfraß keinesfalls erschöpft worden, sondern es war nur eine beschränkte Auswahl möglich. Ich bin mir sehr wohl bewußt, daß das Versuchsmaterial bei weitem nicht ausreicht und nur einen kleinen Beitrag zu der gestellten Aufgabe liefern kann. Wollte man eine völlige Klärung erreichen, so müßten zahlreiche Experimente mit mehreren Einzeltieren, mit jeder verschiedenen Vogelart und mit allen Samen- oder Fruchtarten in verschiedenen Reifezuständen angestellt werden. Man kann sich leicht vorstellen, welche unglaubliche Fülle von Arbeit dabei herauskommen würde.

Die gewonnenen Ergebnisse gelten nur für die von mir angewandten Vögel einerseits und Samen und Früchte andererseits. Ich bedauere sehr, daß mir nicht noch andere Vogelarten in gewünschter Menge zur Verfügung standen; überhaupt war die Beschaffung einwandfreien Vogelmaterials recht schwierig. Sicherlich würden andere Vögel in mancher Beziehung andere Befunde geben; die verschiedene Leistungsfähigkeit, Schnabelbeschaffenheit und Größe hat entschieden Einfluß auf die Genießbarkeit oder Ungenießbarkeit der vorgelegten Samen und Früchte.

Streng genommen ist es auch nicht richtig, von mehreren Pflanzenarten und Gattungen auf ganze Familien zu schließen, sofern man nicht alle Einzelglieder untersucht hat. Trotzdem wurde versucht, in den vorliegenden Ausführungen einen Überblick über das Ganze zu gewinnen, soweit es möglich war. Dieser Überblick ist jedoch nur als bescheidener Versuch aufzufassen; ich zweifle keinen Augenblick daran, daß er sehr lückenhaft ist und daß weitere Arbeiten noch viel Neues zutage fördern werden.

2. Schutzeinrichtungen gegen andere Tiere.

Zum Schlusse möchte ich noch ein paar Beobachtungen erwähnen, welche sich mir im Laufe der Untersuchungen aufgedrängt haben, ohne daß sie in den Rahmen des gestellten Themas paßten. Es handelt sich dabei um Einrichtungen, die ohne weiteres als Schutzmittel gegen Tierfraß erkennbar sind, die aber nicht gegen Vögel wirken können.

Bereits bei der Besprechung der fleischigen Früchte (Teil I, p. 477—479) wies ich auf die Borstenhaare hin, welche im Inneren der Früchte von Rosa-Arten massenhaft vorkommen.

Die Vermutung lag nahe und wurde auch experimentell begründet, daß diese Gebilde für Vögel ohne Belang sind.

Über die Funktionen dieser Haare ist meines Wissens bis jetzt nichts bekannt. Nach eingehender Untersuchung der Frage glaube ich ihre Bedeutung darin gefunden zu haben, daß sie als Schutzeinrichtung gegen Mäuse wirken, welche unbefugterweise den harten Kernen (nicht dem Fleische!) der Hagebutten nachstellen. Eine ausführliche Erörterung dieser Frage soll hier unterbleiben, da sie für einen Anhang viel zu umfangreich sein würde; sie bleibt einer späteren Arbeit vorbehalten.

Ferner fiel mir bei der chemischen Untersuchung mancher Kerne auf, daß sich peripherisch in der Schale schlecht schmeckende Substanzen anhäufen, vor allem Gerbsäuren, z. B. bei Berberis vulgaris, Vitis vinifera, Ribes grossularia, R. rubrum, Sorbus aucuparia, Viburnum opulus und V. lantana. Diese tanninhaltigen Schichten werden bereits lange vor der Reife angelegt. Ohne Zweifel wird man bei genauerer Nachforschung noch andere auf den Geschmackssinn unangenehm wirkende Substanzen zeigen können, auch in den Schalen anderer Kerne.

Gegen Vögel sind diese Stoffe aus zweierlei Gründen wirkungslos (vgl. Teil I, p. 465). Zunächst schlingen die Weichfresser ihre Nahrung unzerkleinert hinunter, sodaß die Kerne keinerlei Geschmacksempfindung hervorrufen können. Außerdem ist ja der Geschmackssinn der Vögel gegenüber solchen widerwärtigen Substanzen recht unempfindlich.

Die Bedeutung der geschilderten Einrichtungen erhellt vielmehr aus Erfahrungen, die jedermann selbst schon gemacht hat. Wenn man beim Verzehren von Johannis-, Stachel- oder Weinbeeren zufällig einmal auf einen Kern beißt, nimmt man sofort einen intensiv bitteren und zusammenziehenden Geschmack wahr und hütet sich deshalb, ein zweites Mal einen Kern zu verletzen. — Ebenso dürfte es den Säugetieren beim Vertilgen solcher und ähnlicher Fleischfrüchte ergehen. Auf diese Art wird die drohende Vernichtung der Kerne durch Säugetiere vermieden, obwohl sie im Gegensatze zu den Weichfressern nach der Ausbildung ihrer Kauwerkzeuge sehr wohl dazu imstande wären.

Sogar im Fruchtfleische mancher Fleischfrüchte kann man ähnliche schlecht schmeckende Stoffe nachweisen, z. B. Tannin in unreifen Früchten von Rhamnus cathartica,

Cornus sanguinea, Ribes grossularia, R. rubrum, Pirus communis, Prunus cerasus, Prunus spinosa, Fragaria vesca, Viburnum opulus und V. lantana. Gewöhnlich nehmen die Gerbstoffe von innen nach außen immer mehr zu, sodaß die reichste Schicht in oder unter der Schale liegt, aber auch im Inneren verstreut etwas Tannin vorhanden ist. Selbst nach der Reife bleiben die Gerbsäuren oft im Fruchtfleische erhalten, wenn auch in geringerer Menge. Außer ihnen finden sich in unreifen Fleischfrüchten noch viele andere widerwärtige Stoffe, z. B. bittere oder giftige Glykoside und zahlreiche Säuren. Zum Teil besitzen auch die ausgereiften Früchte noch solche und ähnliche Substanzen, wie aus dem sehr häßlichen Geschmacke der Früchte von Rhamnus-, Cornus- und Viburnum-Arten gefolgert werden muß. Genaueres über die in reifen Fleischfrüchten vorkommenden Einrichtungen chemischer Art, welche auf die Sinnesorgane mancher Tiere abschreckend wirken können (Gerbsäuren, andere Säuren, Bitterstoffe, Alkaloide, Glykoside, ätherische Öle und sonstige giftige Substanzen) ist im ersten Teile p. 480—484 zu ersehen.

Bei den unreifen Fleischfrüchten ist der Wert dieser Eigenschaften des Fruchtfleisches völlig klar. Es darf nicht verzehrt werden, weil die Samen noch nicht die nötige Ausbildung erfahren haben. Schwieriger liegen die Verhältnisse bei denjenigen reifen Früchten, welche den schlechten Geschmack bewahrt haben. Vielleicht soll der unbefugte Fraß gewisser Tiere verhindert werden, die das weiche Fleisch stückchenweise vertilgen, ohne dabei die Kerne zu verbreiten; z. B. wäre an manche gefräßige Schneckenarten, mehrere Raupen, Würmer und einige kleinere Säugetiere zu denken. Die widerlich schmeckenden Arten haben vor den angenehmen den Vorteil, daß sie von solchen Tieren nicht angegangen werden können und trotzdem für Vögel genießbar bleiben. Allerdings ist dann ebensogut der befugte Fraß der Säugetiere unmöglich; wenn wir aber bedenken, daß schlecht schmeckende Fleischfrüchte gewöhnlich an Standorten wachsen, die nur für Vögel leicht erreichbar, für Säugetiere aber unzugänglich sind (vgl. Teil I, p. 474), so scheint dieser Einwand wesentlich gemildert zu sein.

Auch Versuche mit Schnecken habe ich angesetzt. Als Versuchstiere fanden zwei Arten Verwendung, nämlich Limax agrestis und Arion empiricorum. Beide Tiere erhielten halbreife Stachel- und Johannisbeeren als Futter. Das Ergebnis war das

erwartete; ganze Beeren wurden nicht angerührt, halbierte von innen heraus bis auf die tanninhaltigen peripherischen Schichten ausgefressen. — Weitere Experimente mit passenderen Fleischfrüchten, besonders mit solchen Arten, die sogar reif unserem Geschmacke nicht zusagen, konnte ich bis jetzt nicht anstellen; auch ein Befragen der einschlägigen Literatur war mir nicht möglich, denn durch näheres Eingehen auf diesen Gegenstand würde ich zu sehr vom eigentlichen Ziele der vorliegenden Arbeit abgeirrt sein.

Zweifellos gibt es auch eine ganze Anzahl nichtfleischiger Samen und Früchte, die in der Peripherie, vielleicht auch im Inneren, mit schlecht schmeckenden oder riechenden, vielleicht gar giftigen Stoffen versehen sind (vgl. Teil I, p. 484). Genauere Untersuchungen dieser Frage, welche sich über alle Samen und Früchte (reif und unreif, fleischig und nichtfleischig) erstrecken müßten, würden interessant sein und einige Aussicht auf Erfolg bieten.

Literaturverzeichnis für beide Teile.

Bath, Die Geschmacksorgane der Vögel. Dissertation, Berlin 1906.

Birger, Über endozoische Samenverbreitung durch Vögel. Svensk Botanisk Tidskrift, Stockholm 1907.

Botezat, Geschmacksorgane und andere nervöse Endapparate im Schnabel der Vögel. Biolog. Zentralbl. 1904, Bd. XXIV.

Brehms Tierleben, Vögel. 1891.

Briquet, Recherches anatomiques et biologiques sur le fruit du genre Oenanthe. Genève 1899.

Bruyning, Beiträge zur Kenntnis unserer Landbausämereien. Die Hartschaligkeit der Samen des Stechginsters (Ulex Europaeus). Journal für Landwirtschaft, Bd. XLI.

Buchwald, Die Verbreitungsmittel der Leguminosen des tropischen Afrika. Englers botanische Jahrbücher 1895.

Campagna, Ricerche sulla disseminazione per uccelli carpofagi. Malpighia 1907, Vol. XXI.

Czapek, Biochemie der Pflanzen. Jena 1905.

Dammer, Polygonaceen-Studien I. Die Verbreitungsausrüstungen der Polygonaceen. Englers botanische Jahrbücher 1892.

Detto, Über die Bedeutung der ätherischen Öle bei den Xerophyten. Flora 1903.

Focke, Die Verbreitung der Pflanzen durch Tiere. Kosmos 1881, Bd. V.

Ders., Die Verbreitung beerentragender Pflanzen durch die Vögel. Abhandl. d. naturwiss. Vereins Bremen 1889, Bd. X, H. 1.

Hildebrand, Die Verbreitungsmittel der Pflanzen. Leipzig 1873.

Holmboe, Notizen über die endozoische Samenverbreitung der Vögel. Nyt Magazin f. Naturvidensk., Christiania 1900.

Husemann-Hilger, Die Pflanzenstoffe. 2 Bände. Berlin 1882 u. 1884.

Huth, Die Anpassungen der Pflanzen an die Verbreitung durch Tiere. Kosmos 1881, Bd. V, H. 4.

Ders., Die Verbreitung der Pflanzen durch die Exkremente der Tiere. Sammlung naturwiss. Vorträge III[1], Berlin 1889.

Judd, Birds as Weed Destroyers. Yearbook of Department of Agriculture for 1898.

Kempski, Über endozoische Samenverbreitung und speziell die Verbreitung von Unkräutern durch Tiere auf dem Wege des Darmkanals. Dissertation, Rostock 1906.

Kerner, Pflanzenleben. 2 Bände. Leipzig 1887 u. 1891.

Kniep, Über die Bedeutung des Milchsaftes der Pflanzen. Flora 1905.

Kronfeld, Zur Biologie der Mistel. Biolog. Zentralbl. 1887.

Loose, Die Bedeutung der Frucht- und Samenschale der Compositen für den ruhenden und keimenden Samen. Dissertation, Berlin 1891.

Ludwig, Lehrbuch der Biologie der Pflanzen. Stuttgart 1895.

Lundström, Einige Beobachtungen über die Biologie der Frucht. Upsala 1885.

Marloth, Über mechanische Schutzmittel der Samen gegen schädliche Einflüsse von außen. Englers botanische Jahrbücher 1883, Bd. IV.

Nobbe, Handbuch der Samenkunde. Berlin 1876.

Pagenstecher, Allgemeine Zoologie 1877, Bd. II.

Peyer, Biologische Studien über Schutzstoffe. Dissertation, Jena 1911.

Pfeiffer, Die Arillargebilde der Pflanzensamen. Englers botanische Jahrbücher 1891, Bd. XIII.

Rörig, Magenuntersuchungen land- und forstwirtschaftlich wichtiger Vögel. Arbeiten a. d. Kaiserl. Biolog. Anstalt f. Land- u. Forstwirtschaft, Bd. I. Berlin 1900.

Ders., Die wirtschaftliche Bedeutung der Vogelwelt als Grundlage des Vogelschutzes. Mitteilungen a. d. Kaiserl. Biolog. Anstalt f. Land- u. Forstwirtschaft, H. 9. Berlin 1910.

Schmid, Bau und Funktionen der Grannen unserer Getreidearten. Botanisches Zentralbl. 1898, IV.

Schwartz, Beiträge zur Ernährungsbiologie unserer körnerfressenden Singvögel. Arbeiten a. d. Kaiserl. Biolog. Anstalt f. Land- u. Forstwirtschaft 1908, Bd. VI.

Ders., Saatenschutz gegen Krähen. Mitteilungen a. d. Kaiserl. Biolog. Anstalt f. Land- u. Forstwirtschaft 1909, H. 8.

Sernander, Den Skandinaviska Vegetationens Spridningsbiologi. (Zur Verbreitungsbiologie der skandinavischen Pflanzenwelt.) Upsala 1901.

Stahl, Pflanzen und Schnecken. Jena 1888.

Wiedersheim, Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. 1906.

Einige Arbeiten, welche für das vorliegende Thema nur von geringer Bedeutung sind, wurden im Literaturverzeichnis nicht besonders erwähnt; sie sind aber an den betreffenden Stellen des Textes als Fußnoten zu finden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft

Jahr/Year: 1913

Band/Volume: NF_43

Autor(en)/Author(s): Liebmann Willy

Artikel/Article: Die Schutzeinrichtungen der Samen und Früchte gegen unbefugten Vogelfraß. 675-838