Über die Mauser des Grossgefieders beim Schwarzstorch *Ciconia nigra*[1]

Max Bloesch, Wendla Boettcher-Streim und Maurice Dizerens

Federn sind ein faszinierendes und einzigartiges Attribut der Vögel, dem vielfältige Aufgaben zufallen. Das Grossgefieder ist für die Flugfähigkeit des Vogels verantwortlich, aus seinem Mausermodus wird manches für die einzelne Art charakteristische abzulesen sein.

1977 erschien in dieser Zeitschrift die grundlegende Arbeit über die Mauser beim Weissstorch *Ciconia ciconia* von Bloesch, Dizerens & Sutter. Es ergab sich die Möglichkeit, ähnliche Untersuchungen auch beim Schwarzstorch durchzuführen. Da bei der versteckten Lebensweise und der Störanfälligkeit dieser Art Freilandstudien zu dem Thema schwer durchführbar sein dürften, begann M.B. im Februar 1975 damit, bei einem Schwarzstorch im Gehege die Grossgefiedermauser zu untersuchen. Die Kontrollen wurden bis Ende 1981 kontinuierlich fortgeführt und umfassten somit einen Zeitraum von sieben Jahren.

Planung und Durchführung des Vorhabens lagen in den Händen von M.B.; in all den Jahren hatte er in der Station Altreu/Schweiz in M.D. einen verlässlichen Helfer. Die Auswertung des Materials oblag W.B.-S. Um das Geschehen bei den beiden verwandten Arten *Ciconia ciconia* und *Ciconia nigra* direkt vergleichen zu können, wurde das Konzept dieser Arbeit analog zu dem der Mauserarbeit beim Weissstorch angelegt.

1. Material und Methode

Bei dem untersuchten ♂ mit dem Ring Nr. S/975 handelte es sich um einen Jungvogel von 1974 mit unbekannter Herkunft; die Station in Altreu hatte ihn via Luxemburg erhalten. Er wurde zur Kontrolle der Mauser acht Jahre hindurch in einem drahtgedeckten Freigehege mit Naturboden und Kraut- sowie Buschbewuchs gehalten (Grösse ca. 120 m^2), wo er seine Flügel beschränkt benutzen und kurze Strecken fliegen konnte. Da der Schwarzstorch leicht aus dem Stand zu starten und wendig zu manövrieren vermag, bietet ihm ein Gehege dieser Grösse mehr ausnutzbaren Lebensraum als einem Weissstorch. Der Vogel war das ganze Jahr über im Freien mit den jeweiligen Wetterbedingungen konfrontiert. Bei guter Fütterung (Fische und Mäuse) hatte er keine Probleme mit der Winterkälte. Zeitweilig war er mit einem oder mehreren Weissstörchen vergesellschaftet, die er bis zu seinem 6. Lebensjahr friedlich duldete. Zu Beginn des 7. Kalenderjahres begann er mit einem *C. ciconia*-♀ zu schnäbeln, wurde dann aber im März zunehmend aggressiv, sowohl gegen die übrigen Weissstörche, als besonders auch gegen seine Favoritin, so dass diese entfernt werden mussten. Inzwischen hatte S/975 durch das Gehegegitter mit einem *C. nigra*-♀ Kontakt aufgenommen; beide standen oftmals über längere Zeit einander gegenüber und kraulten sich durch das Gitter hindurch. So wurde der Versuch einer Partnerschaft gewagt, trotz des erschwerenden Umstands, dass das ♂ der Revierbesitzer war. Ein niedrigstehender Horst wurde ausgebessert und das ♀ in das Gehege hineingelassen. Nach zunächst unauffälligem Verhalten tötete S/975 das ♀ in der unbeob-

[1] Ausgeführt mit finanzieller Unterstützung der Basler Stiftung für biologische Forschung.

achteten Zeit zwischen dem Abend und dem nächsten Morgen.

In den ersten drei Jahren wurden die Mauserkontrollen in Abständen von rund 3–6 Wochen durchgeführt; ab November 1977 bis Dezember 1981 wurden die Zeitabstände auf 1–3 Wochen verkürzt. Beide Flügel und das Steuer wurden auf den Mauserzustand des Grossgefieders kontrolliert, und die wachsenden Federn wurden ab Hautaustritt mit einem flachen Holzlineal vermessen. Zur Ruhigstellung des Tieres wickelte man es nach dem Fang derart in ein Tuch, dass nur der jeweils zu untersuchende Flügel bzw. der Stoss frei blieben. Die einzelnen Federgenerationen wurden durch unterschiedliche Einschnittmuster gekennzeichnet und waren damit sicher voneinander zu unterscheiden.

Im Gegensatz zu anderen Darstellungsweisen, bei denen der Tag des Federnabwurfs als Mauserdatum angesetzt wird, wobei die nach unseren Erfahrungen relativ variable Zeitspanne zwischen dem Abwurf und dem Austritt des neuen Federkeims durch die Haut vernachlässigt wird, konnte hier der Mausertermin mit dem sichtbaren Einsetzen des Wachstums gleichgesetzt werden. Damit ist die Festlegung des Anfangsdatums und der Vergleich der Federn untereinander wesentlich vereinfacht, zumal sich die Wachstumsvorgänge im Innern des Federfollikels der Beobachtung am lebenden Vogel entziehen.

Um das Alter einer wachsenden Feder, und darüber hinaus Wachstumsgeschwindigkeit, Zuwachsrate, Wachstumsdauer und -leistung ermitteln zu können, wurden für jede Feder des Grossgefieders Wachstumskurven erstellt (Abb. 1). Als Steigungsgerade wurde dabei pro Feder das lineare Wachstum in mm/Tag zugrundegelegt, das bis etwa zur halben Endlänge anhält; die Messwerte aller Generationen einer Feder wurden auf ihrer individuellen Steigungsgeraden eingezeichnet. Ab bzw. oberhalb der halben Endlänge vermindert sich die Wachstumsgeschwindigkeit, die Kurve wird flacher. Entsprechend wurden die Begriffe von maximaler und mittlerer Wachstumsgeschwindigkeit bzw. Zuwachsrate benutzt (vgl. Sutter 1971), wobei die letztere den Zeitraum vom Wachstumsbeginn bis zu 90% der Endlänge umfasst; dies aus folgendem Grund: Da der Tag, an dem eine Feder ihre Endlänge genau erreicht hat, nur höchst selten bei einer Kontrolle erfasst worden sein dürfte, zeigen die Kurven oftmals eine flach auslaufende Form, deren Endpunkt nicht exakt festzulegen ist. Es wurde deshalb, gestützt auf die Mauseruntersuchungen am Jagdfasan (Sutter 1971) und am Weissstorch (Bloesch et al. 1977, Sutter 1984) vorgegeben, dass unter Wachstumsdauer der Zeitabschnitt vom Wachstumsbeginn bis zum Erreichen von 90% der Endlänge verstanden wird. Die unumgänglichen Ungenauigkeiten bei der Festlegung des Enddatums wurden dadurch überbrückt, dass die gesamten Daten in Pentaden (5-Tages-Abschnitte) aufgeteilt und das Enddatum im Rahmen einer Pentade festgelegt wurde (vgl. Berthold 1973), wodurch es eine mögliche Varianz von 5 Tagen erhielt. Diese Setzung liegt als ausreichend genau auch den weiteren Auswertungen zugrunde.

Zur Frage nach der Mauserleistung als Summe des gesamten Grossgefiederwachstums pro Jahr wurden Jahreskurven erarbeitet, die während sieben Kalenderjahren die in Abhängigkeit zum Alter des Vogels variierenden Jahresmuster der Mauserleistung darstellen.

Es ist uns bewusst, dass die Beobachtung eines Einzeltieres in ihren Ergebnissen nicht als verbindlich für die Art gelten kann, daher sei die folgende Arbeit nur als beispielhaft betrachtet.

Defintionen. In Anlehnung an die Terminologie von E. & V. Stresemann (1966) wurden folgende Begriffe verwendet: Die Erneuerung aller Federn einer Federgeneration bezeichnen wir als Mauserzyklus, wobei die aufeinanderfolgenden Generationen mit a (= Jugendgefieder), b, c, usw. benannt werden. Solche Zyklen können in geschlossener Folge hintereinander (d.h. vollständige Erneuerung des Fluggefieders innerhalb einer Mauserperiode), oder ge-

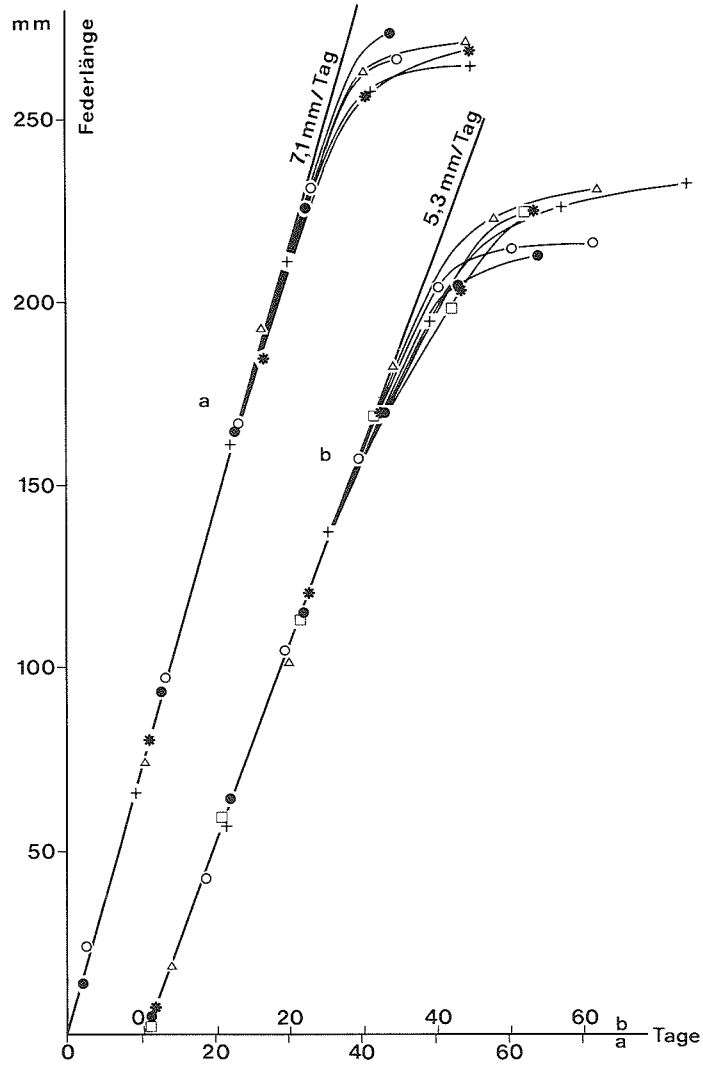


Abb. 1. Wachstumsverlauf einer Handschwinge (H2, Kurve a) und einer Steuerfeder (S6, Kurve b) aufgrund der Messdaten von 5 bzw. 6 Federindividuen verschiedener Generationen, wobei die Einzelkurven im Bereich der Steigungsgeraden zur Dekkung gebracht wurden. Die für das lineare Anfangswachstum ermittelte Steigungsgerade ist zur Verdeutlichung nach oben verlängert; der angegebene Wert bezeichnet die maximale Wachstumsgeschwindigkeit (vgl. Tab. 1). Auf der Abszisse ist gesondert für (a) und (b) die Zeit in Tagen abzulesen, auf der Ordinate die erreichte Länge in mm. – *Growth curve of the 2nd primary (a; maximum daily growth rate = 7,1 mm/day) and the 6th tail feather (b; 5,3 mm/day), based on measurements of 5 and 6 different feather generations, respectively. Time is plotted in days, separately for (a) and (b) on the horizontal axis, feather length on the vertical.*

staffelt, einander überlappend ablaufen (die Erneuerung erstreckt sich über mehrere Mauserperioden, wobei ein neuer Mauserzyklus beginnt, bevor der vorhergehende beendet ist: Staffelmauser). Jeder Zyklus nimmt seinen Anfang bei einem oder mehreren Foci, von wo aus die Mausersequenz, i.e. die Reihenfolge der im Verlauf des Zyklus gewechselten Federn, immer erneut startet. Die eingeschlagene Richtung einer Sequenz kann aszendent, auf den Körper zu, oder deszendent, vom Körper weg verlaufen. Der übergeordnete Begriff des Mausermodus umschreibt das komplexe Geschehen als Ganzes mit seinen Besonderheiten.

2. Ergebnisse

2.1. Federlänge

Das Fluggefieder eines Flügels des hier untersuchten Vogels bestand aus 11 Handschwingen und 21 Armschwingen. Abb. 2 zeigt die Anordnung der Federn am Flügel und ermöglicht den Vergleich zwischen der Flügelform von *C. nigra* und *C. ciconia*. Bei *C. nigra* wurden die Mittelwerte aus den Federlängen aller Federgenerationen zugrundegelegt; bei *C. ciconia* stammen die Werte aus der Arbeit von Bloesch et al. (1977), sie wurden dort aus den Federlängen von vier Exemplaren gemittelt.

An der vorderen Flügelspitze bei H11 (= 11. Handschwinge, deszendent gezählt ab dem Karpalgelenk) und H10 betrugen bei *C. nigra* die Federlängen 30,4 und 36,0 cm; sie waren um 2,6 bzw. 3,0 cm kürzer als die entsprechenden Schwingen bei *C. ciconia*. H9–6 waren auch bei *C. nigra* die längsten Schwingen im Flügel, jedoch waren sie um 3,7 bis 4,9 cm kürzer als bei *C. ciconia*. Aszendent von H5–1 nahm die Schwingenlänge ab. H5 war bei *C. nigra* noch 3,8 cm kürzer als bei *C. ciconia*, ab H4 verringerten sich die Längendifferenzen auf 2,4–1,4 cm.

In der Armtragfläche schwankten die Schwingenlängen von A1–19 (= 1.–19. Armschwinge, aszendent gezählt ab dem Karpalgelenk) zwischen 24,0 und 25,7 cm; hier zeigte der Vergleich mit *C. ciconia* geringere Unterschiede. Bis A15 betrug die Längendifferenz 1,5 – 2,7 cm, ab A16–19 vergrösserte sich die Differenz auf 3,6 – 4,7 cm. Deutlich kürzer waren die beiden Armschwingen A20 und 21, sie massen 21,1 und 15,4 cm und waren damit 8,8 bzw. 9,6 cm kürzer als die gleichen Schwingen bei *C. ciconia*. Berücksichtigt man allerdings, dass *C. ciconia* eine Schwinge mehr im Flügel stehen hatte, und vergleicht die Längen der beiden jeweils innersten Armschwingen, so besteht zwischen ihnen nur eine Differenz von 3,9 bzw. 0,3 cm.

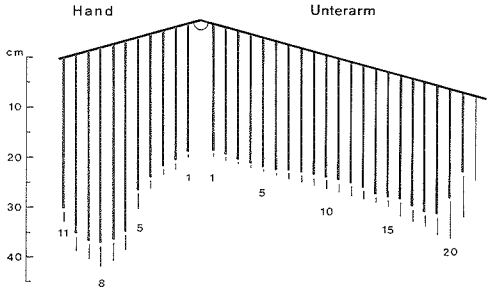


Abb. 2. Mittlere Länge der Handschwingen (H1–11) und Armschwingen (A1–21/22) von Schwarzstorch *C. nigra* (dicke Linien; vgl. Tab. 1) und Weissstorch *C. ciconia* (dünne Linien; nach Bloesch et al. 1977). – *Mean length of primaries 1–11 and secondaries 1–21/22 of the Black Stork (bold lines) and the White Stork (fine lines).*

Unterschiede in der Flügelform zeigten sich demnach besonders im Bereich der grossen Handschwingen H6–11 und des Ellenbogens. An beiden Orten wies der Flügel von *C. nigra* kleinere Längendifferenzen zwischen benachbarten Federn auf als der von *C. ciconia*. *C. nigra* besass zwar den schmaleren, in der Gesamtform aber den gerundeteren Flügel.

Die Gesamtlänge der Federn eines Flügels (32 Federn) betrug im Mittel aller Federgenerationen 8,7 m. Im Verlauf eines vollständigen Mauserzyklus müssen an beiden Flügeln und am Steuer insgesamt rund 20 m (Mittel 20,06 m) Grossgefieder erneuert werden.

Die Länge jeder einzelnen Feder variierte von Generation zu Generation mit Differenzen bis maximal 55 mm, wobei die späteren Generationen fast ausnahmslos die längeren Federn aufwiesen. Das Grossgefieder wurde mit zunehmender Reife des Vogels insgesamt länger.

2.2. Federwachstum

Wie die Wachstumskurven zeigen, verlief das Wachstum zunächst bis mindestens zur halben Endlänge mit maximaler Geschwindigkeit linear, verzögerte sich dann sachte und klang jenseits von 90% langsam aus.

Die Wachstumsdauer bei den Handschwingen (bis zur 90%-Länge) betrug bei den kürzeren H1–5 34–40 (Mittel 36,6) Tage, bei den längeren H6–11 48–54 (Mittel

Tab. 1. Länge, Wachstumsdauer und Zuwachsraten von Handschwingen (H), Armschschwingen (A) und Steuerfedern (S). Die angegebenen *Federlängen* sind Mittelwerte aus den Endlängen aller Federgenerationen. Die *Wachstumsdauer* bezeichnet die Zeitspanne bis zum Erreichen der 90%-Länge (a) und der vollen Endlänge der Federn (b), wobei für (b) auf 5 Tage gerundete Näherungswerte stehen. Der tägliche Längenzuwachs ist als *mittlere Zuwachsrate* (c) für die Wachstumsdauer (a) errechnet und als *maximale Zuwachsrate* (d) für den Zeitraum des linearen Anfangswachstums (bis etwa zur 50%-Länge, vgl. Abb. 1). – *Length, period and rate of growth in primaries (H), secondaries (A) and tail feathers (S). Length of feathers are means of final size of all generations of each feather* (Mittlere Federlänge). *Growth periods in days* (Wachtumsdauer) *are given to 90% (a) and full length of feathers (b), rounded to the nearest 5-day-interval. Daily growth is the mean rate up to 90% of final size* (c, Zuwachsrate, Mittel); *maximum growth rate* (d, Maximum) *refers to the period of linear, maximum increase up to about half length (cf. Abb. 1).*

Feder	Mittlere Federlänge	Wachstumsdauer		Zuwachsrate pro Tag	
No.	mm	(a) 90%-Länge Tage	(b) Endlänge Tage	(c) Mittel mm	(d) Maximum mm
H 11	304	~51	60–65	5,4	6,4
10	360	~54	70–75	6,0	7,4
9	383	~54	65–70	6,4	7,5
8	391	~52	65–70	6,8	7,7
7	391	~49	65–70	7,2	7,8
6	382	~48	60–65	7,2	8,0
5	307	~40	50–55	6,9	7,8
4	286	~38	50–55	6,8	7,4
3	273	~36	50–55	6,8	7,0
2	265	~35	50–55	6,8	7,1
1	256	~34	50–55	6,8	7,2
A 1– 9	245–257	36–38	45–55	6,1	6,7–7,0
10–16	240–246	38–39	50–55	5,7	6,0–6,4
17–19	249–255	41–46	50–60	5,0–5,5	5,5–5,7
20	211	~42	55–60	4,5	5,0
21	154	~33	45–50	4,2	4,4
S 1– 6	214–226	38–42	55–65	4,8–5,1	5,3

51,3) Tage. Die mittlere tägliche Zuwachsrate erreichte bei H1–5 6,8 bzw. 6,9 mm/Tag, die in der Mitte der Hand befindlichen H6 und H7 wiesen mit 7,2 mm/Tag die höchste mittlere tägliche Zuwachsrate auf, während die der beiden längsten Schwingen H8 und H9 mit 6,8 bzw. nur 6,4 mm/Tag wieder niedriger lag. Der Zuwachs von H10 und H11 wies mit 6,0 und 5,4 mm/Tag die niedrigsten Werte auf (Tab. 1).

Bei den Armschwingen zeigten sich die Verhältnisse ausgeglichener, sie benötigten im Mittel 39 Tage bis zur 90%-Länge. Die mittlere tägliche Zuwachsrate nahm zunächst von A1–16 geringfügig ab (6,1 bis 5,7 mm/Tag), während im inneren Armbereich ab A17–21 die Wachstumsgeschwindigkeit deutlich abflachte (5,5–4,2 mm/Tag). Bei annähernd gleicher Endlänge wiesen die äusseren Armschwingen damit deutlich niedrigere mittlere Zuwachsraten auf als die benachbarten kurzen, inneren Handschwingen.

Die Steuerfedern erreichten ihre 90%-Länge im Durchschnitt nach 40 Tagen. Ihre mittlere tägliche Zuwachsrate lag mit knapp 5,0 mm/Tag im unteren Bereich.

Auch in der Periode des Maximalwachstums wurden bei den Handschwingen höhere Leistungen gemessen (mehrfach bis an 8 mm/Tag) als bei den Armschwingen (bis 7 mm/Tag). Mit im Mittel 5,3 mm/Tag lag die maximale Zuwachsrate bei den Steuerfedern wiederum besonders niedrig.

Beim Vergleich von im Sommer und/oder im Winter nachgewachsenen Federn war keine positive Korrelation zwischen Zuwachsrate und Jahreszeit erkennbar.

Tab. 2. Jährlicher Mauserumfang. Angegeben sind die Anzahl der an Hand, Arm und Steuer gewechselten Federn (l = links, r = rechts), die Totalzahl und der Prozentanteil (100% = 74 Federn) erneuerter Federn sowie die jährliche Mauserleistung ausgedrückt als Summe der neugebildeten Federlängen und deren Prozentanteil an der Gesamtlänge aller Federn (100% = 1975 cm). Noch nicht ausgewachsene Federn wurden im Jahr des Wachstumsbeginns gezählt; bei der Ermittlung der Mauserleistung wurden jedoch nur die am Jahresende erreichten Federlängen berücksichtigt. – *Amount of annual moult: number of moulted primaries* (Handschwingen), *secondaries* (Armschwingen, *excluding A 21 moulted irregularly) and tail feathers* (Steuerfedern) *of left (l) and right (r) side; their total* (total erneuert, Anzahl) *and percentage of all 74 feathers, the total length of all feathers moulted* (Mauserleistung, cm), *and percentage of their total length (1975 cm = 100%). The feathers growing at the turn of the year are counted in the year of their starting.*

Kalenderjahr	Handschwingen		Armschwingen		Steuerfedern		total erneuert[a]		Mauserleistung	
	l	r	l	r	l	r	Anzahl	%	cm	%
2.	7	7	5	9	1	2	31	42	721	37
3.	7	7	18	13	5	4	54	73	1528	77
4.	7	7	8	11	3	3	39	53	991	50
5.	4	4	12	8	3	4	35	47	818	41
6.	7	8	11	13	3	2	44	59	1365	69
7.	6	4	10	10	4	6	40	54	1068	54
8.	5	7	13	12	2	1	40	54	1089	55
Mittel	12,4		21,9		6,1		40,4	55	1083	55

[a] Die Schwinge A 21 ist hier für die Gesamtfederzahl nicht berücksichtigt, da sie sich als völlig unregelmässig mausernd und teilweise nicht kontrollierbar erwies. Der Tabelle liegen daher nur 20 Armschwingen zugrunde.

2.3. Mauserumfang pro Jahr

Zur Veranschaulichung der Frage nach der jeweiligen Jahresbilanz der Grossgefiedermauser wurden Tab. 2 und Abb. 3 erstellt. Aus der Tabelle geht der jährliche Mauserumfang, bezogen einerseits auf die Anzahl gewechselter Federn und andererseits auf die Gesamtlänge der neugebildeten Federn hervor. Demnach wechselte der untersuchte Schwarzstorch jährlich 8–15 (Mittel 12,4) Handschwingen, 14–31 (Mittel 21,9) Armschwingen und 3–10 (Mittel 6,1) Steuerfedern; das ist ein mittlerer jährlicher Gesamtumfang von 55% des Grossgefieders, der im 3. Kalenderjahr mit 73% ein herausragendes Maximum erreicht hatte. Vergegenwärtigt man sich, dass dabei ein Längenwachstum von im Mittel 10,83 m (7,21–15,28 m) pro Jahr erbracht wurde, so wird deutlich, welches Ausmass die physiologische Leistung des Mausergeschehens hat.

Jährlich wurde demnach etwa die Hälfte des Grossgefieders gewechselt. Dies könnte die falsche Vorstellung wecken, die vollständige Erneuerung einer Generation Federn sei nach jeweils zwei Jahren abgeschlossen. Aufgrund des hier sich manifestierenden Typs der Staffelmauser wurde das Bild des Mausermodus jedoch von Jahr zu Jahr komplizierter.

Abb. 3 zeigt die Verhältnisse in Hinsicht auf den Mauserstand zum Ende jeden Jahres. Analog den Mauserschemata von Heinroth (1898) sind hier in Form eines von oben betrachteten Vogels in perspektivisch versetzter, horizontaler Folge Kästchenserien gezeichnet, die die nebeneinander stehenden Federn an Hand, Arm und Steuer symbolisieren. Die unterschiedliche Markierung dieser Serien veranschaulicht die jeweils zum Ende jedes Kalenderjahres stehenden Federgenerationen, wobei die acht kontrollierten Jahre von unten nach oben chronologisch übereinander geordnet sind. Bei dieser Darstellungsweise ist zu erkennen, dass die einzelnen Federn nach individuell unterschiedlichen Tragdauern vermausern. An den Foci (bei H1, A1, A5, A20) findet nahezu jährlich ein Wechsel statt, während an der Hand nach aussen/vorne und am Arm in der Tragflächenmitte

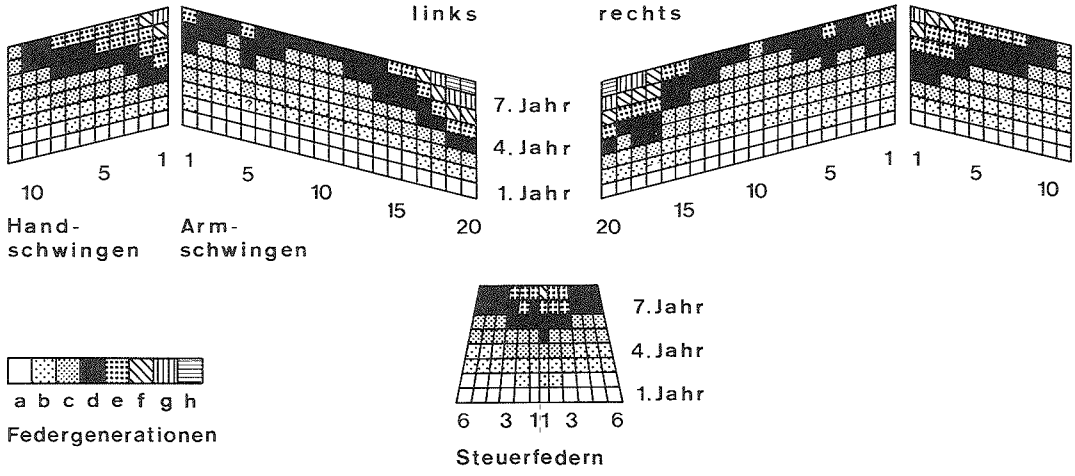


Abb. 3. Bilanz des Mauserstandes am Ende jedes Kalenderjahres. In schematisierter Form sind Flügel und Steuer dargestellt. Die horizontalen Kästchenserien repräsentieren die 11 Handschwingen, 20 Armschwingen und 6 Steuerfedern jeder Körperseite; die Federgenerationen a bis h sind durch unterschiedliche Rasterung markiert. Von unten nach oben folgen aufeinander die 8 Kalenderjahre, so dass die Generationenfolge und der jährliche Mauserstand abzulesen sind. Dem laufenden Jahr wurden auch die noch wachsenden Federn zugerechnet, ohne Wertung der bis zum Jahresende erreichten Länge. – *State of moult at the end of each calender year. Wings and tail are illustrated schematically. The rows of squares along the horizontal axis represent the 11 primaries* (Handschwingen), *20 secondaries* (Armschwingen) *and 6 tail feathers* (Steuerfedern) *of each side, with the years 1–8 along the vertical axis. The feathers of the generations a–h are given in different shading* (Federgenerationen). *Feathers completed or still growing by the end of the year are not separated in this graph.*

die Federn teils über mehrere Jahre stehen bleiben. Ausserdem wird deutlich, dass durch die Staffelung der Mauserzyklen die gleichzeitig vermausernden Schwingen jeweils über die gesamten Tragflächen verteilt sind, wobei die Durchmischung der Generationen umso variabler wird, je weiter das Mausergeschehen voranschreitet. So standen im 3. Kalenderjahr zwei Generationen, im 4. Kalenderjahr drei, im 5., 6., 7. Kalenderjahr vier bis fünf und im 8. Kalenderjahr sechs Generationen gemeinsam im Flügel. Dieser Effekt hatte sich bei der Weissstorchmauser ebenfalls sehr ausgeprägt gezeigt. Im folgenden soll das Geschehen im Ablauf der einzelnen Jahre erläutert werden.[2]

[2] Die körpernächste Feder A21 war oft abgebrochen und nachmausernd schon wieder verschwunden und entzog sich dadurch den exakten Kontrollen. Ab hier soll sie deshalb im folgenden nicht mehr berücksichtigt werden.

Im 1. Kalenderjahr trug der Vogel sein komplettes Jugendgefieder (a-Generation) an beiden Flügeln und dem Steuer und vermauserte nichts.

Im 2. Kalenderjahr setzte die Mauser erstmals ein und umfasste bis zu dessen Ende am linken Flügel H1b–7b und A1b, 17b–20b, am rechten Flügel H1b–7b und A21b, 5b, 15b–20b. Im Bereich des inneren Armes wies der Vogel hier bei A17 eine Unregelmässigkeit auf: Bereits nach drei Monaten Tragdauer wurde diese Schwinge im gleichen Jahr nochmals gegen A17c gewechselt. Am Steuer begann die Mauser in der Mitte links bei S2b und rechts bei S1b+2b. Alle übrigen Federn blieben in der a-Generation stehen. Insgesamt vermauserten am linken Flügel 12, am rechten 16 von jeweils 31 Schwingen; das Steuer wechselte 3 Federn in der Mitte.

Im 3. Kalenderjahr erreichte die Mauser ein maximales Ausmass. Sie dauerte das

ganze Jahr über an und umfasste am linken Flügel H1c–3c, H8b–11b und A2b–16b, 18c–20c, am rechten Flügel H1c–3c, 8b–11b und A2b–4b, 6b–9b, 11b–14b, 18c+20c. Am Steuer vermauserten links der Mitte S1b, 3b–6b und rechts S3b–6b. Insgesamt wurden in diesem Jahr 54 von 74 Federn erneuert.

Im 4. Kalenderjahr vermauserte der Vogel am linken Flügel 15 und am rechten Flügel 18 Schwingen. In diesem Jahr wurde in der Mitte der rechten Flügeltragfläche die letzte Jugendfeder ersetzt. Im Steuer wechselte die gesamte Mitte mit S1c–3c links und rechts.

Im 5. Kalenderjahr fand bei den Handschwingen vergleichsweise wenig Wechsel statt, nur je 4 wurden links und rechts vermausert. Am linken Flügel waren insgesamt am Jahresende 16 Federn neu, am rechten sogar nur 12. Im Steuer wechselten wiederum 6 Federn.

Es scheint, als habe sich nach dem etwas zögernden Mauserbeginn des 2. und dem massiven Maussergeschehen des 3. Kalenderjahres ab dem 4. Jahr ein relativ ausgeglichener Mauserumfang pro Jahr herausgebildet. Die Varianz in den fünf Jahren ab dem 4. Kalenderjahr lag zwischen 47–59%, im Mittel bei 53% vermauserte Federn. Das Mausermuster war ausgeprägt und setzte sich in den folgenden Jahren kontinuierlich fort. Die Generationenfolge einer jeden einzelnen Feder im Verlauf der weiteren Jahre möge aus der Abbildung entnommen werden.

Alle hier notierten Angaben berücksichtigen nicht die Frage nach der bis zum Jahresende erreichten Länge der wintervermausernden Federn, sondern beziehen sich nur auf den erfolgten Mauserbeginn.

2.4. Tragdauer

Die Minima der Tragdauern befinden sich am und nahe beim jeweiligen Mauserfocus: H1 wechselte im Durchschnitt nach 1,3 Jahren, A1 nach 1,8 Jahren (Tab. 3). Das Ingangsetzen der Staffeln am Arm wurde in der aszendenten Richtung bei A5 als zusätzlichem Focus mit einer Tragdauer von 1,9 Jahren verstärkt. Am inneren Arm bei A16 war mit 1,7 Jahren ein dem Wert von A1 (und etwa dem von A5) entsprechender Durchschnitt erreicht, während am Ellenbogen die letzten vier Federn nach besonders kurzen Tragzeiten von 1,0–1,3 Jahren wechselten, was möglicherweise auf die starke Beanspruchung im Gelenkbereich zurückzuführen ist (dies mag auch für H1 am Karpalgelenk gelten). Zumindest spricht wohl die ständige Unregelmässigkeit von A21 dafür. Jedenfalls scheinen die innersten Armschwingen von nicht so starker Qualität, sie zeigten oftmals lockerere, leicht gewellte Fahnen. Am rechten Arm wurde A17 im 2. Kalenderjahr eben vermausert – vielleicht wegen Verlust – sofort noch einmal erneuert. In Abb. 4, die die Mausersequenzen darstellt, wird man diesen Sachverhalt und seine Folgen genauer verfolgen können.

Von den drei Foci aus stiegen die Tragdauern kontinuierlich der Richtung des Mausergeschehens folgend an, bis sie an der Hand bei H11 und am Arm bei A10/11, in der Mitte zwischen den konvergent aufeinander zulaufenden Sequenzen, ihre Maxima von im Mittel 2,4/2,5 Jahren Tragdauer pro Federgeneration erreichten. Hier gab es in den späteren Jahren Federn, die drei Jahre lang im Flügel standen. Die besonders langen und steifen «Finger» der Hand (H6–11) wiesen mit im Mittel 1,8–2,5 Jahren zwar eine längere Tragdauer auf als die übrigen Handschwingen (H1–5), aber eine ebenso lange, wie Federn in der Mitte der Armtragfläche (A6–16). Die Federn des Steuers wurden in dessen Mitte im Durchschnitt 1,6 Jahre getragen, während die drei äusseren rechts und links etwa 2,2 Jahre lang stehen blieben.

2.5. Mausersequenz und Staffelung der Mauserzyklen

In Abb. 4 ist entsprechend der Darstellung in der Weissstorch–Mauserarbeit ein Mauserdiagramm erstellt worden. Hier ist ana-

Tab. 3. Tragdauer der Handschwingen (H), Armschwingen (A) und Steuerfedern (S). Die für die verschiedenen Federgenerationen ermittelten Tragdauern wurden nach Halbjahres-Klassen gruppiert. Daraus wurde ein Durchschnittswert für die Tragdauer jeder Feder berechnet. – *Period of wear of primaries (H1–11), secondaries (A1–20) and tail feathers (S1–6). The data are grouped in half-year classes* (Tragdauer in Jahren) *to calculate the mean for each feather (in years,* Mittlere Tragdauer).

Feder No.	Tragdauer in Jahren					Mittlere Tragdauer Jahre
	1	1,5	2	2,5	3	
H 11	–	–	2	–	2	2,5
10	–	–	6	–	–	2,0
9	–	–	6	–	–	2,0
8	1	1	6	–	–	1,8
7	–	4	4	–	–	1,8
6	–	4	4	–	–	1,8
5	2	1	5	–	–	1,7
4	2	3	3	–	–	1,6
3	3	3	3	–	–	1,5
2	4	3	3	–	–	1,5
1	7	4	1	–	–	1,3
A 1	–	4	4	–	–	1,8
2	–	3	3	1	–	1,9
3	–	–	6	–	–	2,0
4	–	–	4	1	1	2,3
5	–	1	5	–	–	1,9
6	–	2	2	2	–	2,0
7	–	–	6	–	–	2,0
8	–	–	2	4	–	2,3

Feder No.	Tragdauer in Jahren						Mittlere Tragdauer Jahre
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	
A 9	–	–	–	4	–	2	2,3
10	–	–	–	2	2	1	2,4
11	–	–	–	2	2	2	2,5
12	–	–	–	4	1	1	2,3
13	–	–	–	5	1	–	2,1
14	–	2	–	3	1	–	1,8
15	–	1	2	5	–	–	1,8
16	–	1	3	4	–	–	1,7
17	1	3	5	1	–	–	1,3
18	–	10	–	2	–	–	1,2
19	–	10	3	–	–	–	1,0
20	2	11	1	–	–	–	1,0
S 1	–	2	3	4	–	–	1,6
2	–	3	1	3	1	–	1,6
3	–	2	3	2	1	–	1,6
4	–	–	–	4	2	–	2,2
5	–	–	–	4	2	–	2,2
6	–	–	–	5	1	–	2,1

log zu Abb. 3 auf der Abszisse die Reihe aller Hand- und Armschwingen des linken und rechten Flügels aufgetragen, dazwischen liegend die Reihe der Steuerfedern. Die Ordinate zeigt von unten nach oben gelesen die zeitliche Abfolge; sie ist hier gegliedert in 7 Jahre mit je 12 Monaten bzw. aus den eingangs erklärten Gründen je 73 Pentaden. Der besseren Lesbarkeit halber wurde in diesem Fall die Form des Flügelpaares aufgegeben. Neben der Angabe des Mauserbeginns jeder Feder durch die Grundlinien der jeweiligen Säulen, die als Federsymbole stehen, ist durch die Höhe dieser Säulen auch die nach Pentaden klassierte Wachstumsdauer dargestellt. Da der Mauserbeginn nach dem kontinuierlichen Verlust des a-Gefieders und dem Einsetzen des ersten Mauserzyklus des b-Gefieders im 2. Kalenderjahr lag, wurde im Diagramm auf die Darstellung des 1. Kalenderjahres verzichtet. Alle Federn einer Generation wurden durch vertikale Linien miteinander verbunden und ähnlich wie in Abb. 3 mit verschiedenen Rastern gekennzeichnet, so dass die Mausersequenzen optisch gut zu unterscheiden sind.

Der Vielschichtigkeit des Geschehens entsprechend ergab sich ein kompliziertes Bild, das dennoch deutliche Gesetzmässigkeiten erkennen lässt. Da am rechten Arm im Bereich von A 17–20 die bereits erwähnte Störung vorlag, über die noch gesondert zu sprechen sein wird, ist es zum Verständnis des gesamten Ablaufs einfacher, sich zunächst am linken Flügel zu orientieren. A 21 wurde aufgrund ihrer nicht zykluskonformen Mauser auch aus dieser Darstellung eliminiert.

Am linken Flügel setzte im 2. Kalenderjahr erstmals am 27. April bei H 1 die Mauser ein, H 2 begann am 4. Mai und die Sequenz der Handschwingen folgte kontinuierlich deszendent. Inzwischen war am Arm beim Focus A 20 am 20. Juni das Mausergeschehen gestartet, A 19 folgte am 25. Juni,

A18 am 25. Juli. Vier Monate später kam auch der Focus bei A1 in Gang, die b-Feder begann am 28. Oktober zu wachsen, zwei Tage nach dem Mauserbeginn von A17. Von nun an verliefen am Arm die Sequenzen konvergent aufeinander zu. Im Winter gab es keine Unterbrechung, die Staffeln setzten sich an allen Orten ohne Pause ins 3. Kalenderjahr fort. Durch das Einsetzen des 4. Mauserfocus bei A5 verdichtete sich das Geschehen am Arm, allerdings fehlt hier das Kontrolldatum der b-Feder[3].

Der vollständige b-Zyklus wurde an Hand und Arm im 3. Kalenderjahr abgeschlossen. Gleichzeitig hatte aber bereits im ersten Jahresdrittel die c-Staffel eingesetzt, erwartungsgemäss ausgehend von H1 und A20. Ab jetzt begann sich der Ablauf zunehmend zu verzögern, die Sequenz-Abfolgen benötigten immer mehr Zeit. Während z. B. an der Hand die b-Staffel nach zwei Jahren fertig vermausert war, benötigte die c-Staffel vier Jahre und die d-Staffel war nach fünf Jahren noch nicht abgeschlossen. Dagegen blieben die Mauserfoci regelmässig aktiv und brachten immer neue Staffeln in Gang. Dadurch vermischten sich die Generationen in steigendem Mass, wie bereits beschrieben wurde.

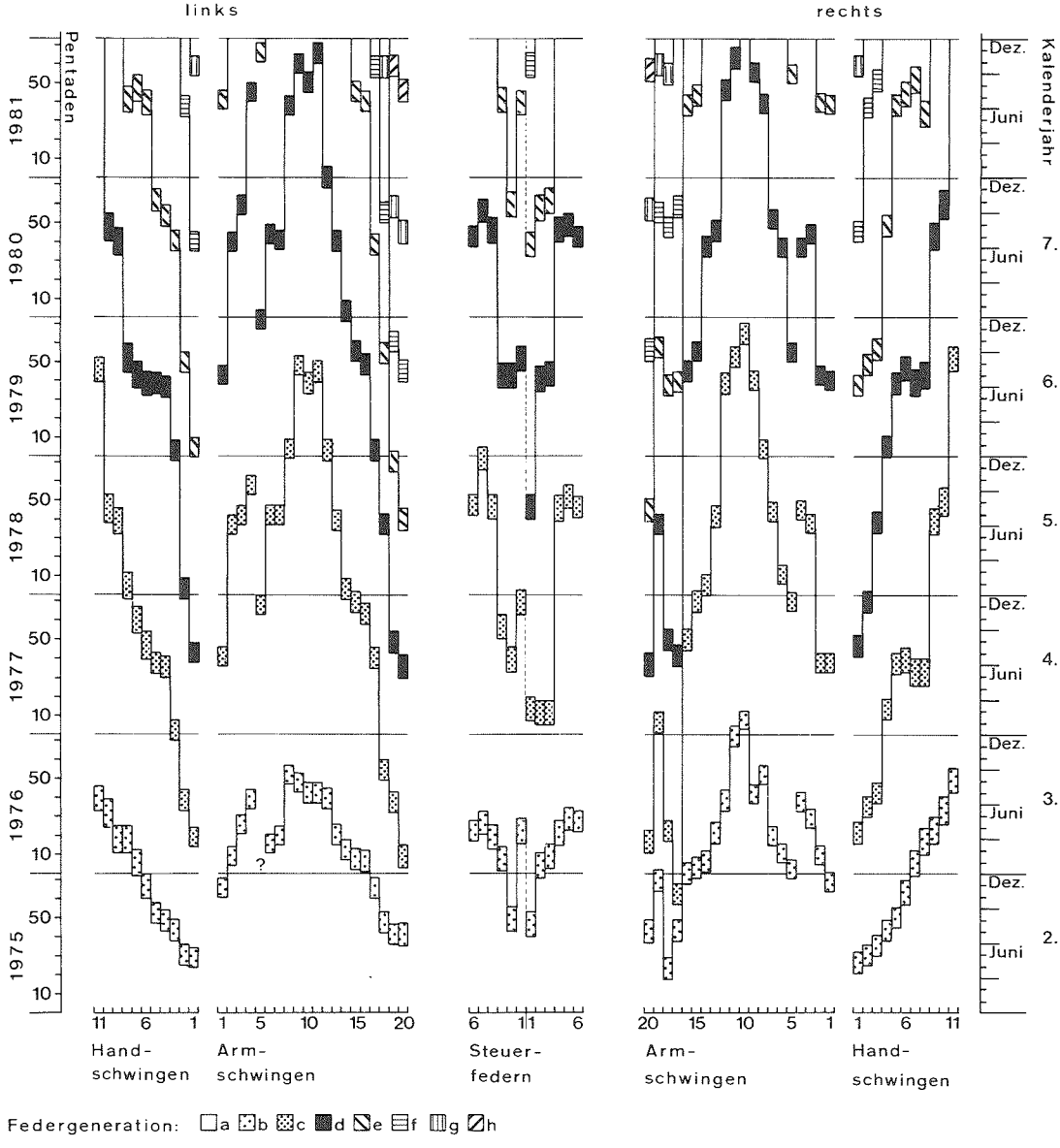
Mit geringen Abweichungen war der Mauserverlauf an beiden Flügeln identisch. Die Unregelmässigkeiten im Bereich der innersten Armschwingen am rechten Flügel zeigten sich wie folgt: Im Gegensatz zu dem ganz regelmässig deszendenten Verlauf im linken Ellenbogenbereich war hier A18 als erste Feder am 29. März des 2. Kalenderjahres vermausert worden; ihr folgten A20 am 2. Juli und A17 am 7. Juli, während A19 erst am 15. November gewechselt wurde. Bereits am 11. Oktober wurde zudem A17 zum zweiten Mal erneuert. War dadurch das Bild der b- und c-Staffeln dieser Federn gestört, so zeigte schon die d-Staffel die Tendenz zur Normalisierung, die sich dann in den Staffeln der e- und f-Generation vollends vollzog. Diese Normalisierung in relativ kurzer Zeit lässt darauf schliessen, dass die vorliegende Unregelmässigkeit auf eine Einwirkung von aussen zurückzuführen sein dürfte und der endogen programmierte Ablauf sich wieder einpendeln konnte.

Die Steuerfedern wiesen ein Mauserschema auf, bei dem die Sequenzen von einem Focus in der Mitte immer zentrifugal nach links und rechts in relativ geschlossener Folge verliefen, so dass eine Durchmischung mit mehr als zwei gleichzeitig stehenden Generationen nicht stattfand. Ganz so festliegend wie die Foci an den Flügeln schien der Initialpunkt hier nicht zu sein.

Bis zum 5. Kalenderjahr einschliesslich gab es keine Winterruhe im Mausergeschehen. Ab dem 6. Kalenderjahr änderte sich das Mauserbild insgesamt. Waren die Sequenzen in den vergangenen Jahren immer mehr oder weniger als kontinuierliche Serien abgelaufen, so löste sich ab jetzt das Sequenzbild völlig auf. Der von Bloesch et al. (1977) bezüglich der Weissstorchmauser beschriebene Übergang vom juvenilen zum adulten Mausermodus kam auch bei *C. nigra* zum Ausdruck, allerdings in diesem Fall etwa zwei Jahre später. Auch die Wintermauser fand nur noch vereinzelt statt; das gesamte Geschehen konzentrierte sich

[3] Bei der Protokollierung von A5/links war ein Irrtum unterlaufen: Nachdem die Kontrolle der b-Feder im 2. Kalenderjahr fehlte, wurde der im 4. Kalenderjahr wachsende Keim mit «b» notiert, im 6. Kalenderjahr mit «c», im 8. Kalenderjahr mit «d». Diese Bezeichnungen konnten nach dem Gesamtbild (vgl. rechts) nur als fehlerhaft vermutet und daher sinngemäss abgeändert werden.

Abb. 4. Diagramm des Mauserverlaufs vom 2. bis 8. Kalenderjahr. Auf der Abszisse sind von links nach rechts der linke Flügel mit Hand- und Armschwingen, die Steuerfedern und der rechte Flügel mit Arm- und Handschwingen aufgetragen, wobei jede vermauserte Feder durch eine Säule dargestellt ist, deren Grundlinie den Wachstumsbeginn und deren Höhe die Wachstumsdauer angeben. Die Ordinate zeigt die 7 Mauserjahre, links in Pentaden, rechts in Monate unterteilt. Wie in Abb. 3 ist der Mauserverlauf von unten nach oben zu lesen. Die Generationen wurden wieder mit unterschiedlichen Rasterungen markiert und mit



vertikalen Linien untereinander verbunden; am Arm wurde dabei der Focus bei A5 berücksichtigt. Die Störung bei A17–20 rechts ist im Text erläutert. – *Course of feather replacement during the calender years 2–8 (1975–81). Primaries 1–11* (Handschwingen), *secondaries 1–20* (Armschwingen) *and tail feathers 1–6* (Steuerfedern) *are plotted on the horizontal axis (left wing on left side), the years in 5-days-intervals* (Pentaden, *1–73, left) and months (right) on the vertical axis. Each feather moulted is shown by a column starting with the beginning of growth, its height representing the length of its growing period to completion. Columns are shaded according to their feather generation (a–h). Feathers of each generation are connected by vertical lines; according to the course of moult primaries 1–11 and secondaries 1–4 and 5–20 are grouped. Irregularities in A 17–20 of the right wing are explained in the text.*

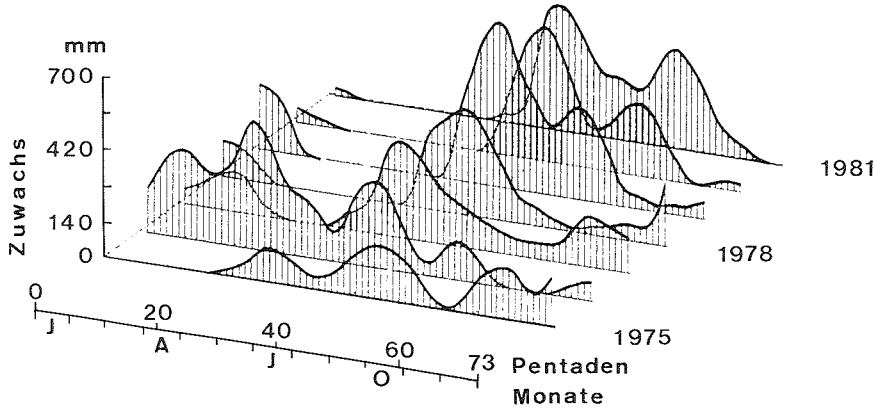


Abb. 5. Saisonale Verteilung der Mauserleistung vom 2. bis 8. Kalenderjahr. Als Mass für die Mauserleistung dient die Summe der an Flügeln und Schwanz während je einer Pentade neugebildeten Federlängen (berücksichtigt bis zum Erreichen von 90% der Endlänge). Auf der Ordinate ist die Zuwachssumme pro Pentade, auf der Abszisse die Zeit in Pentaden und Monaten abzulesen. – *Seasonal amount of moulting in calender years 2–8, expressed as total growth per 5-day-interval, of tail and wing feathers to 90% of their final size (vertical axis) throughout the years 1975–81 (horizontal axis).*

nun in der Hauptsache auf das 2. und 3. Viertel des Jahres.

2.6. Jahresmuster der Mauserleistung

Als gravierender Unterschied zur Weissstorchmauser war zunächst aufgefallen, dass die Mauser beim Schwarzstorch im Winter unvermindert andauerte; zumindest galt dies für die ersten Kontrolljahre. Bei zunehmender Reife des Vogels änderte sich der zeitliche Ablauf. Abb. 5 versucht, diese Zusammenhänge darzustellen. Für jedes der sieben Kontrolljahre wurde dazu die Mauserleistung als Summe des Zuwachses aller gleichzeitig wachsenden Federn pro Pentade bis 90% ihrer Endlänge berechnet; die Werte hierzu stammen aus den Wachstumskurven. Es entstanden jährliche Kurvenbilder, die verdeutlichen, wie die zeitliche Einordnung des Gesamtgeschehens in den Jahresablauf sich im Verlauf von sieben Jahren veränderte.

Ende März 1975 setzte die Schwingenmauser erstmals ein, bald folgten weitere Federn an Flügeln und Steuer. Insgesamt ging der Federwechsel zunächst zögernd vonstatten, nahm aber dann nach einem ersten Maximum im Juli und folgendem Minimum im September einen stetigen Aufschwung in den Winter hinein und setzte sich 1976 ohne Pause fort bis hin zu einem neuen Maximum Ende März. Danach folgte ein Abfall bis in den Juni und ein erneuter, etwas geringerer Anstieg dem Vorjahr entsprechend im Juli. Ab Anfang August ebbte das Geschehen ab und Ende Oktober/Anfang November trat eine kurze Ruhepause ein. Aber schon Ende November setzte die Mauser erneut ein und wurde wieder über den Winter fortgesetzt. Insgesamt bot das durch besonders umfangreiche Mauser auffallende Jahr 1976 ein relativ ungeordnetes Kurvenbild, in dem sich aber die später gefestigte Gesetzmässigkeit des Sommermaximums bereits andeutete.

1977 dauerte die Wintermauser bis Ende März. Darauf folgte eine Ruhepause bis Ende Mai, danach wieder der Anstieg zum Sommermaximum, das seinen Gipfel auch diesmal im Juli erreichte. Gegen den Oktober hin war die Kurve wieder abgeflacht, um dann erneut im November und Dezember anzusteigen. Das Kurvenbild des Mausergeschehens hatte sich in diesem Jahr erstmals auffällig geglättet und eine Grund-

form angenommen, die sich im folgenden nur noch geringfügig ändern sollte.

Zu Beginn des 5. Kalenderjahres (1978) zeigte sich erstmals nach Beendigung der Wintermauser eine Mauserpause zur Frühjahrszugzeit, die ab diesem Jahr über alle folgenden beibehalten wurde. Das nun klar gegliederte Kurvenbild zeigte rege Mauseraktivität in den Monaten, in denen freilebende Schwarzstörche ihre Jungen aufziehen, einzelne Mauserfedern zur Zeit des Herbstzuges und wiederum Mauseraktivität im Winter.

1979 blieb dieses Kurvenbild des Vorjahres erhalten; neu war eine zusätzliche Aktivitätssteigerung nach dem Sommermaximum im Ende September, die auch 1980 und 1981 bestehen blieb und sich dort dann in den Oktober verlagerte. Das Wintergeschehen flaute weitgehend ab.

3. Diskussion

Nach dem Studium der Mauser unseres Schwarzstorches ist abgesehen von seiner Wintermauser eine weitgehende Übereinstimmung mit dem Mausermodus von *C. ciconia* festzustellen; dies immer unter dem Vorbehalt der Einzeltierbeobachtung. Zusätzliche Kontrollen an weiteren Gehege-Schwarzstörchen scheinen unsere bisherigen Ergebnisse zu bestätigen, die Daten müssen allerdings erst noch ausgewertet werden. Leider stehen bisher zum Vergleich keine Untersuchungen an Wildvögeln zur Verfügung, so dass die Frage nach einer möglichen Gestörtheit des Mauserablaufs durch Gehegehaltung hier nicht beantwortet werden kann.

Beim Längenvergleich des Fluggefieders von *C. nigra* und *C. ciconia* zeigte sich in unserem Fall, dass der Schwarzstorch entsprechend seiner etwas geringeren Körpergrösse einen um etwa 10% kleineren, aber insgesamt etwas gerundeteren Flügel besass. Sollte sich dieser Befund auch an anderen Exemplaren bestätigen, könnte er in Zusammenhang mit der ausgezeichneten Wendigkeit dieses grossen Waldvogels gesehen werden. Der Schwarzstorch ist meist etwas leichter als der Weissstorch, beherrscht aber darüber hinaus nach unseren Beobachtungen eine andere Flugtechnik als dieser. Er vermag mit seinem offenbar beweglicheren Karpalgelenk leichter mit der Hand zu manövrieren, reiherähnlich aus dem Stand zu starten und mit angewinkelten Flügeln zu rudern. Dabei könnte eine Flügelform ohne extreme Längenmaxima an Hand und Ellenbogen von Vorteil sein.

Wichtig für den grossen Segelflieger ist eine intakte Tragfläche. Um die Flugtüchtigkeit nicht durch grössere Mauserlücken zu beeinträchtigen, bzw. um die Energiebilanz beim Flug möglichst günstig zu halten, greifen offenbar verschiedene Funktionen ineinander. Ausgehend von festliegenden, regelmässig aktiven Foci werden kontinuierlich Mauserstaffeln gestartet, die aber durch Sequenzverzögerungen und damit verbundene unterschiedliche Tragdauern einzelner Federn derart aufgelöst werden, dass etwa ab dem 4. Kalenderjahr die Mauserorte über den ganzen Flügel verteilt sind. Zudem wird die Dauer eines Mauserzyklus beeinflusst durch die Verschränkung der Sequenzrichtungen (ab H 1 deszendent, ab A 1 aszendent, ab A 5 und A 20 konvergent) und die Verstärkung der aszendenten Richtung ab A 1 durch den zusätzlichen Focus bei A 5. Diese komplexen Vorgänge erreichen eine zeitliche Raffung des Mausergeschehens auf einen möglichst kurzen Zeitraum im Jahr; sie benötigen allerdings offenbar einige Jahre, bis sie voll zum Tragen kommen. Dies verdeutlicht das Kurvenbild der jährlichen Mauserleistung.

Nachdem im 2. Kalenderjahr die Mauser zunächst etwas zögernd eingesetzt hatte, sich dann aber im Spätherbst verdichtete und rund 12 Monate lang massiv in Gang war, liegt die Vermutung nahe, dass die immaturen Schwarzstörche, ebenso wie es von den immaturen Weissstörchen bekannt ist (vgl. Libbert 1975, Bairlein 1981), zunächst in den Überwinterungsgebieten verbleiben und in der Zeit der Reifung meist noch nicht die grossen Zugstrecken zurücklegen. Wenn beim Weissstorch sich der

Heimkehrtrieb als eine Komponente der Fortpflanzungsreife erweist (Schüz 1949) und man davon ausgeht, dass dies auch für den Schwarzstorch gilt, findet man eine Entsprechung dazu auch im Mausergeschehen: Ab dem 5. Kalenderjahr zeigte sich hier erstmals eine Mauserpause zur Frühjahrszugzeit von Februar bis Mai, die Wintermauser kam bis auf wenige Einzelfälle fast zum Erliegen. Dies dürfte in direktem Zusammenhang mit dem Eintritt der Brutreife stehen.

Das Mausermaximum des brutreifen Vogels war auf den Sommer konzentriert, wenn die freilebenden Störche keine weiten Strecken zurücklegen müssen und ihr Körpergewicht dem Jahresrhythmus entsprechend niedrig oder eben erst wieder ansteigend ist (vgl. Hall et al. 1987). Die ab dem 6. Kalenderjahr vermehrte Mauseraktivität im Herbst könnte auf die jahrelange Gehegehaltung des Kontrollvogels zurückzuführen sein. Andererseits berichten Schröder & Burmeister (1974) auf Grund von Beobachtungen an Wildvögeln, dass die Grossgefiedermauser sich wahrscheinlich immer in den Winter hinein ziehe und zur Abzugzeit in Gang sei. Bedenkt man, dass die Vögel für den Herbstzug mehr Zeit zur Verfügung haben als für den Frühjahrszug, und dass die Behinderung durch die Verteilung der Mauserorte über den ganzen Flügel niedrig sein dürfte, so erscheint auch die herbstliche Mauseraktivität erklärlich; möglicherweise wäre die Zeitspanne, die im Jahresverlauf für die Mauser sinnvoll zur Verfügung steht sonst zu knapp bemessen.

Dank. Den Herren Prof. Dr. U. Glutz von Blotzheim, Sempach, für Anregung und Unterstützung und ganz besonders Dr. E. Sutter, Basel, für sachkundige Beratung, Verständnis und Geduld sei an dieser Stelle herzlich gedankt. Zu danken ist auch der «Basler Stiftung für biologische Forschung», die grosszügige Finanzhilfe bot, und der Schweizerischen Vogelwarte Sempach, die diverse Hilfestellungen leistete, hier besonders Dr. B. Naef-Daenzer und Dr. L. Schifferli. W.B.-S. bedankt sich freundschaftlich bei Frau C. Martin-Schubert, Tübingen, für ihre Mitarbeit an den graphischen Darstellungen und bei Frau Dr. S. Kleinknecht, Tübingen, für manche wertvolle Anregung.

Zusammenfassung, Summary

In Altreu wurde ein als Jungvogel erhaltener Schwarzstorch acht Jahre hindurch in einem gedeckten Gehege gehalten und auf die Mauser des Grossgefieders hin untersucht. Ermittelt wurden Mausermodus, Wachstumsgeschwindigkeit und -dauer, Mauserhäufigkeit der einzelnen Federn sowie die Verteilung der Mauserleistung im Jahresverlauf.

Der Versuchsvogel zeigte eine kontinuierliche Staffelmauser, die an der Hand ab H1 deszendent und am Arm von A1 aszendent, von A5 und A20 aus konvergent verlief; am Steuer zeigte sie sich divergent aus der Mitte von innen nach aussen verlaufend. Das Gesamtbild war beim Seitenvergleich annähernd symmetrisch. Erstmals setzte die Mauser im Ende April/Anfang Mai des 2. Kalenderjahres ein. Der Vogel vermauserte im Durchschnitt der Jahre etwa 12 von 22 Handschwingen, 22 von 40 Armschwingen und 6 von 12 Steuerfedern, so dass jährlich im Mittel 55% des gesamten Grossgefieders erneuert wurden; dies entspricht einer Mauserleistung von rund 10,8 m/Jahr produzierte Federlänge.

Die Wachstumsgeschwindigkeit differierte zwischen 4,2 und 7,2 mm/Tag je nach Standort der Feder, wobei an den Handschwingen die höheren Werte gemessen wurden. Insgesamt benötigten die Federn zwischen 34 und 54 Tage, bis sie die 90%-Länge und durchschnittlich 50–55 Tage, die längsten Handschwingen bis zu 75 Tage, bis sie 100% Länge erreicht hatten.

Die Mauserzyklen dauerten zunächst 1–1½ Jahre bis zur vollständigen Erneuerung einer Federgeneration, darauf bis 3½ Jahre für die nächste Folgegeneration; die 4. Generation war nach 4 Jahren noch nicht fertiggestellt. Die Tragdauer der Federn variierte je nach Standort und Generation von 1–3 Jahren. Aufgrund des Modus der Staffelmauser wurden die Mauserfedern im Flügel mehr und mehr über die gesamten Tragflächen verteilt und grössere Lücken dadurch vermieden.

Anders als beim Weissstorch dauerte das Mausergeschehen in den ersten Jahren ohne Pause durch den Winter ins nächste Jahr hinein an. Erst ab dem 5. Kalenderjahr, vermutlich gekoppelt mit dem Eintritt der Brutreife, zeigte sich eine Mauserpause zur Frühjahrszugzeit. Ab diesem Zeitpunkt war das Maximum des Mausergeschehens auf die Brut- und Aufzuchtmonate in der Mitte des Jahres konzentriert.

Wing and tail moult in the Black Stork *Ciconia nigra*

Wing and tail moult of a first year male Black Stork was studied in captivity over eight years. The

scheme of moult, growth rate, growing period, frequency of moult of individual feathers and the annual amount of moult were recorded.

Moult proceeded serially as follows: descendant from the innermost primary (H1), ascendant from the outermost secondary (A1) and convergent from A5 and A20, respectively. Tail feathers were moulted serially divergent, from the center (S1) outwards. These patterns were more or less symmetrical. The first moult started at the end of the first year of life (end of April/beginning of May). On average 12 of the 22 primaries, 22 of the 40 secondaries (excluding A21 which was moulted irregularly) and 6 of the 12 tail feathers were moulted per year, equivalent to 55% of the feathers and 10,8 m of feather growth.

Growth rates varied according to the position of the feathers, from 4,2 to 7,2 mm/day. It was highest in primaries. Feathers attained 90% of their final length in 34–54 days. They were, on average, fully grown after 50–55 days; growth to completion of the longest primaries lasted for up to 75 days.

Cycles increased in length from 1–1,5 years to replace the first feather generation to 3,5 years for the second; the fourth generation was not yet complete after 4 years. Feathers were worn for 1–3 years, depending on the position and generation. A consequence of this scheme of moult is that the areas of growing feathers are more and more spread over the wing, avoiding larger gaps.

Unlike in the White Stork, moulting continued throughout the winter until the fourth year of life, when it was interrupted during the period of spring migration of the Black Stork. After this age, presumably when reaching sexual maturity, moult was concentrated to the normal breeding period in summer.

Literatur

BAIRLEIN, F. (1981): Analyse der Ringfunde von Weissstörchen *(Ciconia ciconia)* aus Mitteleuropa westlich der Zugscheide: Zug, Winterquartier, Sommerverbreitung vor der Brutreife. Vogelwarte 31: 33–44.

BAUER, K.M. & U.N. GLUTZ VON BLOTZHEIM (1966): Handbuch der Vögel Mitteleuropas, Bd. 1, Frankfurt a.M.

BLOESCH, M., M. DIZERENS & E. SUTTER (1977): Die Mauser der Schwungfedern beim Weissstorch *Ciconia ciconia*. Orn. Beob. 74: 161–188.

BERTHOLD, P. (1973): Proposals for the standardization of the presentation of data of annual events, especially of migration data. Auspicium 5 (Suppl.): 49–59.

HALL, M.R., E. GWINNER & M. BLOESCH (1987): Annual cycles in moult, body mass, luteinizing hormone, prolactin and gonadal steroids during the development of sexual maturity in the White Stork *(Ciconia ciconia)*. J. Zool., London 211: 467–486.

HEINROTH, O. (1898): Verlauf der Schwingen- und Schwanzmauser der Vögel. Sitz. Ber. Ges. naturf. Freunde Berlin 1898: 95–118.

LIBBERT, W. (1954): Wo verbleiben die Weissstörche aller Altersstufen in den Brutmonaten? Vogelwarte 17: 100–113.

SCHRÖDER, P. & G. BURMEISTER (1974): Der Schwarzstorch *Ciconia nigra*. Neue Brehm-Bücherei 468:1–64.

SCHÜZ, E. (1949): Reifung, Ansiedlung und Bestandswechsel beim Weissen Storch. Festschrift Stresemann, S. 217.

STRESEMANN, E. & V. STRESEMANN (1966): Die Mauser der Vögel. J. Orn. 107, Sonderheft.

SUTTER, E. (1971): Ausbildung und Mauser des Flügelgefieders beim juvenilen Jagdfasan *Phasianus colchicus*. Orn. Beob. 68: 179–222. – (1984): Ontogeny of the wing moult pattern in the White Stork *Ciconia ciconia*. Proc. V. Pan-Afr. Congr. (Lilongwe, Malawi 1980): 543–551.

Dr. h.c. M. Bloesch, Sälirain 23, CH-4500 Solothurn
W. Boettcher-Streim, z. Zt. Sälirain 23, CH-4500 Solothurn
M. Dizerens, Brunnmattstrasse 46, CH-4500 Solothurn

Schriftenschau

SCHREIBER, R.L., A.W. DIAMOND, L. ROBERT & C. IMBODEN (1987): **Rettet die Vogelwelt**, das Buch zur Weltaktion «Save the Birds» (Schweizer Ausgabe). Übersetzt aus dem Englischen von E. BEZZEL. Verlag Sauerländer, Aarau, 384 S., 640 Farbill., Fr. 54.–. – Nach «Rettet die Vögel», «Rettet die Wildtiere» und «Rettet die Frösche» bringt Rudolf Schreiber nach sechsjähriger Vorarbeit ein weiteres Pro Natur-Buch heraus. Erstmals allerdings ist der Blickwinkel nicht lokal, sondern weltweit. Die Aktion «Save the birds» des Internationalen Rates für Vogelschutz (International Council for Bird Preservation, ICBP) soll am Beispiel der Vogelwelt globale ökologische Zusammenhänge verdeutlichen. Das Buch soll das Bewusstsein wecken, dass es nicht nur um die Zukunft der Vögel, sondern um die Zukunft des Lebens schlechthin – den Menschen eingeschlossen – geht. Eine weitere Besonderheit des Buches: Es erscheint in einer ganzen Reihe von Ländern (Grossbritannien, BRD, Hol-