

Gedanken zu Hungerstreifen und ähnlichen Phänomenen im Vogelfieder

von JOHANNES ERRITZØE, Taps, Christiansfeld, Dänemark
und WOLF-DIETER BUSCHING, Köthen/Anhalt, Deutschland

1. Vorbemerkung

Die häufigste Abnormität in Vogelfedern sind die sogenannten Hungerstreifen. Sie sind wohl fast jedem Ornithologen, Beringer oder Vogelhalter wohlbekannt, bzw. fallen sie natürlich gerade bei der Arbeit mit Balgsammlungen, wo man die beste Gelegenheit hat, das Gefieder genauer zu untersuchen, ins Auge. Wie häufig Hungerstreifen sind, zeigen neuere Untersuchungen von MØLLER et al. (in press). Die genannten Autoren untersuchten eine Sammlung von 3200 Bälgen aus der Ordnung Passeriformes. Dabei ergab sich, daß allein 5,9% der Exemplare Hungerstreifen aufwiesen.

Aus diesem Grunde ist es interessant, daß im Schrifttum relativ wenig über Ursachen und Wirkungen der Hungerstreifen auf die Vogelgesundheit publiziert wurde. Das Wenige ist obendrein noch sehr weit in den verschiedensten ornithologischen, aber auch veterinärmedizinischen Zeitschriften verstreut.

Überhaupt wurde dieses Phänomen erst 1908 von RIDDLE genauer experimentell untersucht und beschrieben.

Dies brachte uns letztendlich auf die Idee, den derzeit aktuellen Standes des Wissens über das Phänomen der Hungerstreifen darzustellen und somit anzuregen mehr Detailforschung auf diesem Gebiet zu betreiben.

2. Was sind Hungerstreifen?

2. 1. Merkmale der Hungerstreifen

Hungerstreifen sind ca. ein Millimeter oder weniger breite transparente Querstreifen, in deren Bereich die Ablagerung von Keratin während des Federwachstums gestört wurde (RIDDLE 1908) (Abb. 1).

Die mikroskopische Vergrößerung eines Hungerstreifens zeigt, wie die Federäste oder Federstrahlen (*Rami*) sich verbiegen, was in einer fehlerhaften Ausbildung der Bogen- (*Barbules*) und Hakenstrahlen (*Hamuli*) begründet ist. Dabei ist zu beachten, daß die Bogenstrahlen im Bereich des Hungerstreifens dünner als in normal entwickelten Fahrenbereichen sind (Abb. 2).

Hungerstreifen finden sich auf sowohl auf Innen- als auch Außenfahnen der Federn, nicht selten gehen sie über beide Fahnen. Der Winkel des Hungerstreifens zum Federschaft weicht etwas von 90° ab, verläuft aber nie parallel zur den Federästen (eigene Beobachtung von J. ERRITZØE).

Eine andere Variante äußert sich in Form von Löchern (MURPHY et al. 1989, BUSCHING 1997), die auch als Hungerlöcher (Abb. 3) bezeichnet werden.

Die Strukturschädigungen im Hungerstreifenbereich führt zum Abbrechen von Federästen oder ganzen Federschaften, was die Abb. 4 anschaulich zeigt. Im Extremfalle können derart starke Federschädigungen eine Flugunfähigkeit des Vogels bewirken (STIEFEL 1985).

Hungerstreifen können in allen Kleidern auftreten, jedoch variiert die Häufigkeit zwischen den einzelnen Vogelfamilien, Geschlechtern und Altersgruppen (MØLLER 1994).



Ausschnitt

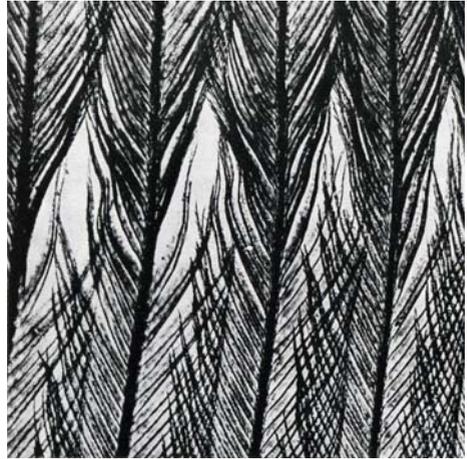


Abb. 2: Mikroskopische Aufnahme eines Hungerstreifens in der Vergrößerung 80:1. Aus STIEFEL 1985 (in BUB 1985: 50). Deutlich sind die veränderten Strukturen im Bereich des Hungerstreifens zu erkennen.

Abb. 1: Deutlicher Hungerstreifen auf der Steuerfeder (S3) eines Eichelhähers *Garrulus glandarius atricapillus* (Silifke, Türkei 11.8.1990, leg. S. FISCHER). Aufgrund der fehlerhaften Ausbildung der Bogen- (*Barbules*) und Hakenstrahlen (*Hamuli*) ist in diesem Bereich die Fahnenfläche nicht geschlossen, und man kann durch den Hungerstreifen hindurchsehen



Abb. 3: S6-S1 eines Sonnenvogels *Leiothrix lutea*. Die S4 zeigt deutliche Hungerlöcher. Weil die Federäste im Lochbereich noch vorhanden sind, fällt die Fahnenfläche nicht auseinander.

Abb. 4: Steuerfedersatz (S6-S1) vom Maskengimpel *Pyrrhula erythaca* (Volierenvogel). Gut sind die über den Hungerstreifen abgebrochenen Fahnenanteile zu sehen und es ist zu erkennen, das nicht nur die Federspitzen abbrechen, sondern auch die Bereiche innerhalb der Fahnenfläche, sobald sie oberhalb eines Hungerstreifens liegen.



2. 2. Zur Terminologie

Weil Hungerstreifen oft mit Wachstumsstreifen verwechselt werden und es in Entstehung und Aussehen viele Ähnlichkeiten gibt (z.B. sinkende Zellaktivität während der Nacht), ist eine nähere Definition dieser beiden Phänomene sinnvoll.

Wachstumsstreifen wurden erstmals ebenfalls von RIDDLE im Jahre 1908 beschrieben, die er „*fundamental bars*“ nannte. Im Gegensatz zu den Hungerstreifen sind Wachstumsstreifen nicht transparent und deshalb schwerer zu erkennen. Ihre Ausprägung ist von Art zu Art recht unterschiedlich. So haben z. B. viele Krähen (*Corvus spec.*, Rohrsänger *Acrocephalus spec.*, Schwirle *Locustella spec.* und Schwalben (Hirundinidae) sehr deutliche, andere wiederum nicht ohne weiteres mit dem Auge erkennbare Wachstumsstreifen. Nur dann, wenn die Feder in einem bestimmtem Winkel zur Lichtquelle gehalten wird, kann man sie sehen. Damit haben sie eine gewisse Ähnlichkeit mit einem Wasserzeichen im Papier (Abb. 5).



Abb. 5: Federn (jeweils die rechte Steuerhälfte) mit sehr deutlichen Wachstumsstreifen. Links Waldpieper *Anthus hodgsoni* (Eröö-gol, Chetej-uul, Selenge-Aimak, Mongolei, 29.5.1990, leg. W.-D. BUSCHING), rechts Mehlenschwalbe *Delichon urbica* (Weitendorf, Kr. Güstrow, 1980, leg. W.-D. BUSCHING).

Auf Federn mit buntscheckiger Pigmentierung sind Wachstumsstreifen ebenfalls nicht mit dem Auge erkennbar und im Gegensatz zum Hungerstreifen sind sie nicht immer von beiden Seiten sichtbar. Sie zeigen sich in Form abwechselnder dunkler und heller Bänder, die quer über die Flügel- und Steuerfedern, (seltener über andere Federtypen) verlaufen. Dabei sind die Bänder, die am Tage gebildet wurden, dunkler als die, welche während des nächtlichen Federwachstums entstanden.

Zusammen repräsentieren je ein dunkles und ein helles Band 24 Stunden Wachstum. Das dunkle Band hat bei tagaktiven Vögeln seine Ursache im höheren Stoffwechsel am Tage, da mehr Melanin eingelagert wird (MICHENER & MICHENER 1938, WOOD 1950). Außerdem haben die Wachstumsstreifen häufig unterschiedliche Breiten, die vermutlich in der Variation der Nahrungsaufnahme und der Wachstumszeit der Feder begründet ist (GRUBB 1989, 1991, MØLLER 1996). Im Gegensatz zum Hungerstreifen schädigen Wachstumsstreifen nicht die Stabilität der Federn.

2. 3. Englische Fachbegriffe für Hunger- und Wachstumstreifen

In der deutschen Sprache hat sich der Begriff „Hungerstreifen“ allgemein durchgesetzt und es ist keine andere Bezeichnung in Gebrauch. Ganz anders im Englischen. Hier werden Hungerstreifen auch bezeichnet als „*fault bars, hunger streaks, hunger faults, hunger traces, feather marks, starvation marks* oder *subordinate bars*“. Tierärzte bezeichnen sie als „*stress bands*“.

Für den Begriff „Wachstumstreifen“ gibt es keine andere deutsche Bezeichnung. Im Englischen werden sie normalerweise „*growth bar*“ genannt. In Gebrauch sind weiterhin „*ribbings, subordinate bars, watered barrings* und *feather bars*“. Früher wurden sie in English auch „*fundamental bars*“ genannt, ein Fachausdruck, der häufig auch fehlerhaft für Hungerstreifen benutzt wird. Kein Wunder, daß so viele Fachbegriffe in der Praxis oft zu Verwechslungen zwischen den grundverschiedenen Phänomenen führen (WOOD 1950, ERRITZØE et al. in prep.).

2. 4. Andersartige, den Hungerstreifen äußerlich ähnliche Phänomene von Federschädigungen

Neben dem Hungerstreifenphänomen gibt es zahlreiche andere Federschädigungen, von denen einige leicht mit Hungerstreifen verwechselt werden können bzw. auf die der Begriff irrtümlich angewendet wird, hält man sich konsequent an die RIDDLEschen Definition der Hungerstreifen als ca. ein Millimeter oder weniger breite transparente Querstreifen, in deren Bereich die Einlagerung von Keratin während des Federwachstums gestört wurde.

Teilleuzismus: In der Natur gehen Störungen der Keratineinlagerung häufig mit der Melanineinlagerung einher was in der Regel in hellen/weißen Streifen oder Flecken auf der Fahnenfläche sichtbar wird. Sehr häufig sind die aufgehellten Partien auf Ober- und Unterseite der Fahnen gut fühlbar. Auch der Federkiel ist häufig betroffen. Im Extremfalle zeigen die Federn sogar Verkrüppelungen. Die Bogen- und Hakenstrahlen müssen aber selbst im Bereich fühlbarer und weiß aufgehellter Streifen intakt bleiben, denn es entstehen keine Löcher oder transparenten Streifen in der Fahnenfläche (eig. Beob. BUSCHING). Inwieweit es Zusammenhänge zwischen diesem und dem Hungerstreifenproblem gibt, konnten wir anhand der Literatur nicht nachweisen.

Interessant ist aber, daß BUSCHING (2000) unter 99 Rupfungen des Buntspechtes (*Dendrocopos major*) in seiner Sammlung allein 9 Exemplare fand (= 9,1 %), welche derartige weißliche Streifungen und Strukturschäden auf Schwingen oder Steuerfedern aufwiesen (Abb. 4). Bei diesen Stücken handelt es sich ausschließlich um juvenile und ins erste Adultkleid¹

¹) Bei solchen Exemplaren waren die Armschwingen bereits erneuert, während die Handschwingen größtenteils noch die des Juvenilkleides sind und sich so durch die geringere Größe, hellere Pigmentierung und zartere Struktur von den kräftig schwarzweiß gefärbten großen neuen Armschwingen abhoben. Die Hungerstreifen traten auch hier an den noch vorhandenen Juvenilfedern in Erscheinung.

mausernden Vögel, was auch die Untersuchungsergebnisse von JOVANI & BLAS (2004) bestätigt, daß vor allem Nestlinge auf Störungen während der Ausbildung des ersten Gefieders mit Fehlbildungen der Federn reagieren.

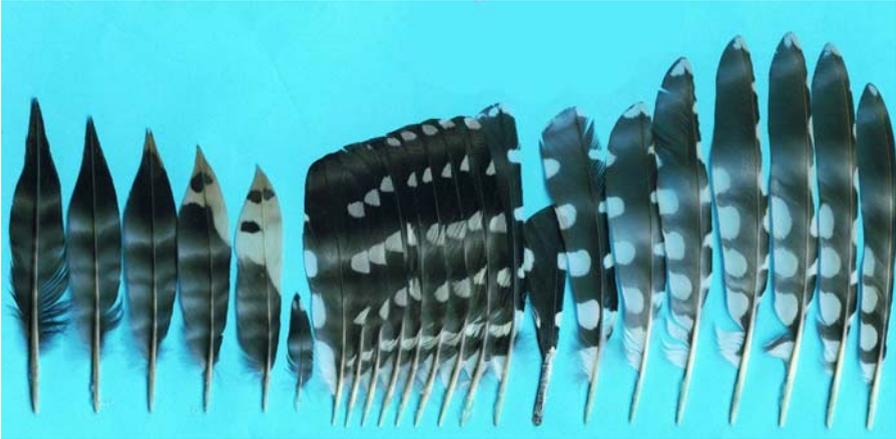


Abb. 4: Steuerfedern und Schwingen eines jungen Buntspechtes *Dendrocopos major* (Schorfheide-Chorin/Brandenburg, 28.06.2003, leg. R. FLATH). mit hellen Streifen auf Schwingen, Steuerfedern und Flügeldecken (hier nicht abgebildet). Neben den Veränderungen der Federstruktur (Kiele sind im Bereich der Hungerstreifen wellig) ging dieses Phänomen mit einer Störung der Melanineinlagerung einher. Auch die bereits frisch vermauserten Armschwingen zeigen solche Streifen

Parasitär bedingte Federschäden: Interessante und den Hungerstreifen im RIDDLEschen Sinne nur äußerlich sehr ähnliche Federschäden können auch durch Federmilben erzeugt werden. Federmilben sind permanent schmarotzende Ektoparasiten (VOGEL et al., 1983). Sie parasitieren hauptsächlich in der Federfahne besonders neuer Federn nahe am Schaft oder in den Kielen der Flügel- und Schwanzfedern (GYLSTORFF & GRIMM, 1998.). Durch sie bedingte Schäden wurden z.B. an Tauben (Columbidae) gut untersucht (Abb. 5 und 6).

So sind Federmilben bei ungünstigen Umweltbedingungen in der Lage, sich in das Innere des Wirtes zurück zu ziehen, wo sie im Zustand des Hypopusstadium (Dauerstadium) überdauern. Durch die Federbälge bohren sie sich in das Unterhautbindegewebe, von dort aus wandert sie weiter in die Leibeshöhle. Erst nachdem sich die umweltbedingten Konditionen positiver gestalten, kehrt sie an die Oberfläche des Wirtes zurück (BORCHERT, 1970). Derart befallene Tauben putzen sich vermehrt, lassen aber dennoch ein stark ungepflegtes Federkleid erkennen. Dies zeigt sich durch den verloren gegangenen charakteristischen Glanz und Grauschimmer des Gefieders sowie durch abgebrochene Federn (VOGEL et al., 1983). Vor allem die Federn werden geschädigt, so daß ein vermehrtes Auftreten Irritation und schließlich den Federausfall an Kopf, Hals und Rücken zur Folge hat. Durch den dauernden Juckreiz kommt es zu Abmagerung und Leistungsrückgang (KUTZNER, 2000). Am auffälligsten sind die distalen Schwung- und Steuerfedern betroffen, deren äußerste Fahnenäste verkürzt werden oder sogar völlig fehlen, so daß distal ausschließlich der nackte Kiel erhalten bleibt. Die Tauben können nur noch kurze Strecken fliegen und sind in ihrer Flugsicherheit behindert (HAUPT 1926). Sind Deutonymphen (Ruhestadium) im Unterhautbindegewebe vorhanden, kommt es nicht selten zu einer abnormalen Mauser. Die Federn fallen aus und werden nur langsam, meistens durch mißgestaltete Federn, ersetzt.

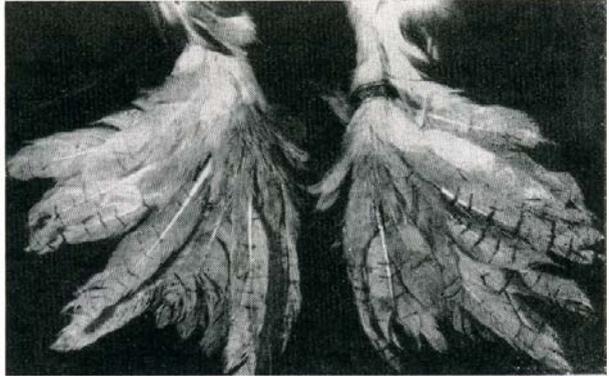


Abb. 5 : Von *Columbicola columbae*, dem bekanntesten Taubenfederling hervorgerufene Federlöcher und -lücken an den Fußfedern einer „belatschten“ Taube. Aus VOGEL et al. (1983: 248). Hier sind es Fraßschäden und keine Störungen im Keratineinbau während des Federwachstums.

Abb. 6: Handschwinge einer Taube mit Federlöchern und einzelnen Exemplaren von *Columbicola columbae* (Durchlichtfoto). Aus VOGEL et al. (1983: 248). Im Gegensatz zu echten Hungerlöchern brechen hier die Federäste über der Schadstelle ab, wobei sich die beiderseits nicht geschädigten Äste wieder verhaken. Das Ergebnis ist eine Raffung der Fahne.

„Nadelschwanz-Effekt“: Wird neben der Ausbildung der Bogen- und Hakenstrahlen auch die der Federäste teilweise oder gänzlich gestört, sprechen wir von einem „needle tailed effect“ (CAMPBELL & LACK 1985: 474). Je nach Anzahl der so geschädigten Schwingen und Steuerfedern kann dieses Phänomen zur völligen Flugunfähigkeit führen (Abb. 7).

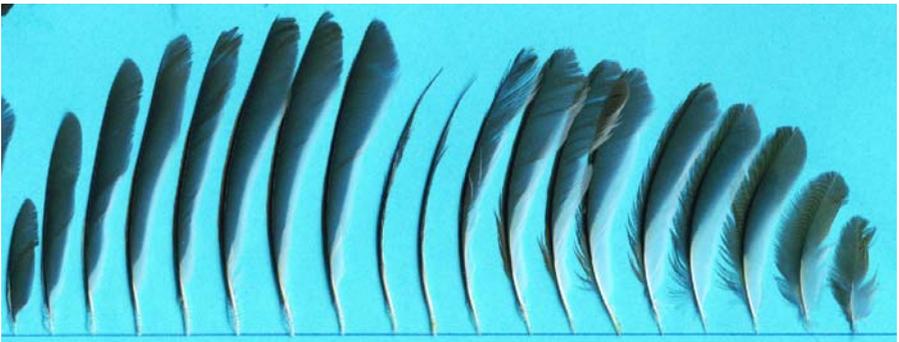


Abb. 7: Sogenannter „needle tailed effect“ im Schwingensatz eines Sonnenvogels *Leiothrix lutea* ad. Weibchen (Volierenvogel). Auch der andere Flügel zeigte dasselbe Phänomen auf H1 und H2.

2. 5. Ursachen und Folgen von Hungerstreifenbildungen beim Vogel

2. 5. 1. Derzeitiger Forschungsstand über die Ursachen der Hungerstreifen

In der Vergangenheit gab es mehrere Vermutungen über die Ursachen dieses Phänomens. Dabei stand mangelnde Ernährung während der Mauser bzw. Federentwicklung an erster Stelle, was letztendlich auch zur deutschen Bezeichnung „Hungerstreifen“ führte.

Die Bedeutung der Ernährungssituation während des Federwachstums (Hungerhypothese) als wichtige Ursache von Hungerstreifen werden durch die Untersuchungen von NEWTON (1986), SLAGVOLD (1982) und HARRISON (1985) untermauert. So fand NEWTON (1986) heraus, daß Sperbernestlinge *Accipiter nisus* mehr Hungerstreifen in verregneten Tagen bekamen, weil diese infolge geringer Jagdaktivität der Eltern schlechter gefüttert wurden. SLAGVOLD (1982) beschrieb, daß unterernährte und albinistische Nebelkrähen *Corvus corone cornix* vermehrt Hungerstreifen haben. Auch HARRISON (1985) nennt als Ursache Hunger.

In Gegensatz zum Sperber waren junge Fischadler *Pandion haliaetus* nicht so wetterempfindlich und bekamen auch während schlechten Wetterphasen keine Hungerstreifen (Machmer et al. 1992).

Gegen die ausschließliche Ursache von Mangelernährung während der Mauser spricht aber eine Arbeit von MURPHY et al. (1989), die zeigt, daß Dachsammern *Zonotrichia leucophrys* nach 36 Stunden Gefangenschaft zwar 19 % ihres Gewichtes verloren, wohl aber nur 19 von 44 Vögeln Hungerstreifen bekamen. Bei diesen handelte es sich ausschließlich um die Vögel, welche mit der Hand gefangen bzw. zu Untersuchungszwecken in die Hand genommen wurden. Bei den betreffenden Vögeln entwickelten sich defekte Federn, die aussahen als wären sie an der Längsseite an der Kante rasiert worden.

Ähnliche Untersuchungsergebnisse gewann auch FRÖHLICH (2005). Die Autorin untersuchte während des Südsommers 2004/05 das Wachstum von 17 Küken der Braunen Skua *atharacta antarctica lönnbergi* auf King George Island/Antarktis vom Schlupf bis zum Ausfliegen. Zusätzlich wurde die Nahrung aller Küken anhand von in der Nestumgebung gefundenen Nahrungsresten ermittelt. Dabei konnten Zusammenhänge zwischen Kükenwachstum, Versorgung durch die Eltern, Wetterkonditionen, Streß durch die Nestbesuche (Handling Streß) und dem Auftreten von Streßstreifen untersucht werden.

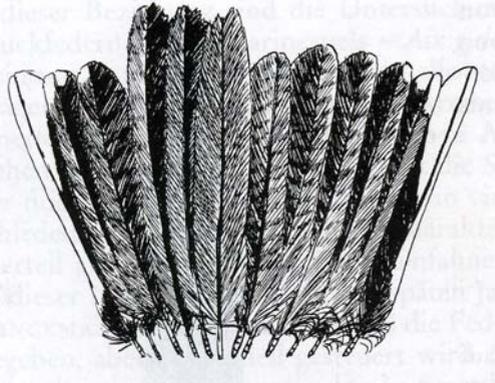
MACHMER et al. (1991) beobachteten, daß Jungvögeln, die von den Biologen häufig in die Hand genommen wurden deutlich mehr Hungerstreifen zeigten, als eine vergleichbare Kontrollgruppe, die entweder keine oder weniger Besuche bekamen. Das Team fand auch heraus, daß das kleinste Nestgeschwister, welches den niedrigsten Rang hat, mehr Hungerstreifen aufwies. Ähnliche Zusammenhänge beschreiben auch (NEGRO et al. 1994), die den Zusammenhang zwischen Nahrungsmangel und dem Handling Streß² auf die Hungerstreifenbildung bei Buntfalkennestlingen *Falco sparverius* untersuchten.

Interessant sind auch die Vermutungen von KING und MURPHY (1984) über einen direkten Zusammenhang zwischen Hungerstreifen und Schreckmauser. Demnach verursacht ein Schock/ Schreck ein spontanes krampfartiges Zusammenziehen der Hautmuskeln im Bereich gerade wachsender Federn, die noch weich in der Substanz sind, ein Zerquetschen bzw. Verkrüppeln der Federäste. Anders bei der Schreckmauser. Hier handelt es sich um fertig ausgebildete „harte“ Federn. In diesem Falle bewirkt das Zusammenziehen der Muskeln in Schrecksituation im Bereich der befiederten Haut, daß die Federn nicht zerdrückt, sondern spontan abgestoßen werden. Die nachfolgend gebildeten Regenerate (Abb. 8) sind stets

²) Auch wenn der Handling Streß in der Natur so gut wie keine Rolle spielt, da dort die weitaus meisten Vögel nicht vom Menschen in die Hand genommen werden, ist er z.B. im Rahmen der Vogelhaltung oder Beringung interessant

kürzer als die schreckgemauserten Federn und haben infolge des langsameren Wachstums engere Wachstumsstreifen (LARIANOW 1935).

Abb. 8: Steuer der Kohlmeise *Parus major* mit regenerierten Steuerfedern nach Schreckmauser. Beachte die engen Wachstumsstreifen und die geringere Länge der regenerierten Steuerfedern. Erst mit der nächsten regulären Mauser werden normal lange Federn ausgebildet. Aus BUSCHING (2005: 34)



Alle genannten Ursachen stellen für den Vogelorganismus Stressituationen dar. Diese lösen bekannterweise eine Kaskade von physiologischen Spontanreaktionen aus, die im Stoffwechselprozeß bewältigt werden müssen (BUCHANAN 2000). Mit anderen Worten bedeutet es, daß ein Organismus unter Stress mehr Energie benötigt, als ein nicht gestreßter Organismus (MØLLER & SWADDE 1997). Die infolge des erhöhten Energieumsatzes veränderten physiologischen Reaktionen wirken sich nicht zuletzt auf die Federbildung aus, so z.B. auch auf deren exakte Ausprägung während des Wachstums. Eine Folge können z.B. Fehlbildungen in der Federsymmetrie sein.

Dies zeigt folgendes Beispiel. Eine Gruppe Stare (*Sturnus vulgaris*), die in einer Voliere ohne Versteckmöglichkeiten gehalten wurde, bildete deutlich mehr asymmetrische bzw. hungerstreifige Federn als eine Kontrollgruppe, welcher viele Versteckmöglichkeiten geboten wurden (WITTER & LEE 1995, SOMMER 1996, in: LEUNG et al. 2000).

Besonders die Nestlinge sind in der Phase der Ausbildung des ersten Gefieders sehr empfindlich und reagieren deshalb besonders leicht auf Stressituationen, die mit der Bildung von Hungerstreifen beantwortet wird. So beobachteten JOVANI & BLAS (2004) bei jungen Weißstörchen (*Ciconia ciconia*) das Dreifache an Hungerstreifen gegenüber den adulten Vögeln. Auch junge Rauchschwalben haben mehr Hungerstreifen (SERRANO & JOVANI 2005) als adulte, bzw. traten bei Haussperlingen (*Passer domesticus*) mehr als 100 Hungerstreifen alleine auf den Flügel- und Schwanzfedern eines flüggen Jungvogels auf (eigene Beobachtungen J. ERRITZØE). Bei letztgenannten findet sich in diesem Zusammenhang auch folgendes Zitat: „Fault bars are the result of a variable time lag on the deposition of keratin (MURPHY et al. 1989)“.

Das gleiche Phänomen der vermehrten Hungerstreifenbildung bei juvenilen Vögeln beschreiben auch zahlreiche andere Autoren, so SLAGSVOLD (1982), HAWFIELD (1986), JOVANI & BLAS (2004). Interessant ist der Fall von unterschiedlichen Hungerstreifenbildung zwischen den Geschlechtern. So beschreiben DAWSON et al. (2001) die signifikant häufigere Hungerstreifenbildung beim Buntfalken-Weibchen (*Falco sparverius*) gegenüber dem Männchen und begründen dies mit der höheren Streßbelastung des Weibchens.

Es wird vermutet, daß Hungerstreifen bei erwachsenen Vögeln die Umweltverhältnisse des vergangenen Sommers und Herbstes reflektieren. So zeigten Rauchschwalben *Hirundo rustica*, deren lange Schwanzfedern künstlich verlängert wurden, im darauf folgenden Jahr nach der Mauser eine vermehrte Zahl von Hungerstreifen (MØLLER 1989). Wie bekannt, bevorzugen weibliche Rauchschwalben einen Partner mit langen Stoßfedern, die gute

Genanlagen signalisieren (MØLLER 1994). So ist der Streiß vorstellbar, den das Männchen aufgrund der massiven Umwerbung durch die Weibchen ertragen muß³.

Hungerstreifen spiegeln die Reaktion des Vogelorganismus auf verschiedene Umweltbedingungen während der Zeit des Federwachstums wider (BLANCO & DE LA PUENTE 2002). Damit können sie bereits nach der folgenden Mauser unter optimalen Bedingungen verschwunden sein.

2. 5. 2. Hungerstreifen als Indikatoren für die Vogelgesundheit und den Erfolg bei der Partnerwerbung und Vermehrung

Hungerstreifen bilden auf kurze Entfernung sichtbare Merkmale und dienen vermutlich als ein Indikator für die Kondition des Vogels. So wurde z. B. nachgewiesen, daß Turmfalkenweibchen *Falco tinnunculus* mit vielen Hungerstreifen im Gefieder schlechtere Bruterfolge hatten und ein geringeres Lebensalter erreichten (BORTOLOTTI et al. 2002) bzw. Elstern *Pica pica* mit intakten Schwanzfedern größere Hoden *Testes* hatten und bei ihnen mehr Junge ausflogen als bei Paaren mit stark beschädigten Steuerfedern. Außerdem hatte eine erstjährige männliche Elster mit längeren Schwanzfedern ein besseres Immunsystem (FITZPATRICK & PRICE 1997, BLANCO & DE LA PUENTE 2002) als vergleichbare Vögel mit kürzeren Steuerfedern.

Männchen der Rauchschnalbe mit von Natur aus langen Schwanzfedern hatten weniger Hungerstreifen als solche mit kurzen. Bei weiblichen Exemplaren wurde kein Unterschied zwischen Schwanzfederlänge und Hungerstreifenanzahl festgestellt. (MØLLER 1994). Dieses sind also gute Belege dafür, daß fehlende Hungerstreifen ein Qualitätssignal sind.

Wichtig ist auch, daß zwei Tiere der gleichen Art, die experimentell den gleichen Streißfaktoren ausgesetzt wurden, individuell unterschiedliche Widerstandskraft haben und deshalb verschiedene Reaktionen zeigen (BUCHANAN 2000). Andererseits zeigten die Untersuchungen am Buntfalken, daß ein und dasselbe Exemplar über die Jahre hinweg stets die gleiche Prozentzahl von Hungerstreifen hatte. Diese könnte auch ein Hinweis auf die Höhe der Streißtoleranz eines Vogels (BORTOLOTTI et al. 2002) sein.

2. 5. 3. Der Einfluß der "Natürlichen Auslese" auf das Hungerstreifenphänomen

In der Regel schwächen sie die Federstruktur. Sie bricht oft später genau an dieser Stelle ab und wird dann vor der nächsten Mauser nicht erneuert. Deshalb stellen sie für den Vogel eine mehr oder weniger große Behinderung dar (MURPHY et al. 1989), weil sie die Manövrierfähigkeit vermindern.

Eine neue Hypothese, "*the fault bar allocation hypothesis*" genannt, besagt, daß Vögel Anpassungsmechanismen entwickeln können, die Hungerstreifen in den für das Fliegen wichtigsten Federn reduzieren können (JOVANI & BLAS 2004). Ebenso haben jüngste Untersuchungen auch den Verdacht erhärtet, daß Vögel bei der Partnerschaftssuche Hungerstreifen als ein äußeres Kennzeichen minderer Qualität sehen (FITZPATRICK & PRICE 1997).

Weil die Hungerstreifen letztendlich die normalen Gefiederfunktionen, insbesondere die Flugfähigkeit negativ beeinflussen, die in manchen Fällen den Tod für den betroffenen Vogel bedeuten, da aufgrund gestörter Manövrierfähigkeit das Beute machen gestört bzw. er selbst zur leichten Beute von Feinden wird, sollte man annehmen, daß die „Natürliche Auslese“ auch auf diesem Gebiet gearbeitet und neue Strategien entwickelt hat, die gegen diese negative evolutionäre Behinderung wirken. Und tatsächlich zeigen Untersuchungen an Störchen

³) Dabei dürfte sich schon das Fangen und künstliche Verlängern der Steuerfedern für das Tier als Streiß ausgewirkt haben, was zusätzlich die Nachfolgen (Hungerstreifenbildung) verstärkte.

Ciconia ciconia, daß die Verteilung von Hungerstreifen auf Flügfedern so angelegt war, daß sich die meisten auf inneren Federn befanden, die für die Flugfähigkeit wenig Bedeutung haben (JOVANI & BLAS 2004), wohingegen bei flugunfähigen Vögeln (z. B. Strauß *Strutio camelus*) die Hungerstreifen auf allen Federn gleich verteilt waren (DUERDAN 1909, in: JOVANI & BLAS 2004). Grundsätzlich treten Hungerstreifen bei den meisten Vögeln häufiger auf den Schwanz-- als auf den Flügfedern auf, am Flügel wiederum besonders auf den inneren Armschwingen, den Schirm- und den Oberarmfedern/Schulterfedern. Diese Federtypen sind nämlich für die Manövrierfähigkeit von geringerer Bedeutung und müssen auch eine erheblich kleinere mechanische Belastung aushalten als die Handschwingen (SLAGVOLD 1982, KING & MURPHY 1984, MACHMER et al. 1992, BORTOLOTTI et al. 2002, SERRANO & JOVANI 2005, SARASOLA & JOVANI 2006).

Aufgrund der höheren Anfälligkeit der Flugfedern für Hungerstreifen, werden derart betroffene Vögel erheblich häufiger Beute von Prädatoren als solche mit gesundem Gefieder. In einer dänischen Studie über die Beutevögel von Sperbern wurden fast 32.000 Vogelreste von 66 Arten aus der Ordnung Passeriformes untersucht und die Ergebnisse mit ca. 3.200 dänischen Vogelbälgen verglichen, deren Gefieder Hungerstreifen aufwies. Dabei ergab sich überraschenderweise, daß die Arten, die am häufigsten in der Beute des Sperbers auftraten, die wenigsten Hungerstreifen im Gefieder zeigten.

Dieses Resultat stimmt deshalb mit der Hypothese überein, daß die Entwicklung von Kontrollmechanismen durch die "Natürliche Auslese" modifiziert werden kann, wenn das Risiko als Beute von Prädatoren zu enden, zu groß wird (MØLLER et al. in press).

Für Vögel, die die meiste Zeit in die Luft verbringen, wären Hungerstreifen katastrophal. Zwei junge Mauersegler (*Apus apus*) wurden 13 bzw. 21 Tage dunkel und ohne Futter gehalten, wobei sich dies interessanterweise nicht negativ auf das gerade wachsende Gefieder auswirkte und sie keine Hungerstreifen bildeten (MITCHELL 1959). Hier wirkte sich die "Natürliche Auslese" während der Evolution in der Art aus, daß der Organismus seine Kraft in die normale Federentwicklung legte, weil ein intaktes Fluggefieder für die Ernährung nach dem Ausfliegen überlebenswichtig ist. Parallele Beispiele gibt es viele in der Natur. So ist z.B. die Vermehrung und damit normale Eischalenbildung für das Überleben einer Vogelart wichtig. Bei Ca-Mangel in der Nahrung wird deshalb Ca dem eigenen Skelett entzogen, um eine normale Eischalenbildung abzusichern. Dies ist natürlich zunächst ein Nachteil für die Stabilität des Skelettes und so ist es nur logisch, daß auch im Beispiel der normalen Gefiederentwicklung der Mauersegler bei Nahrungsmangel, alle Stoffe dem eigenen Körper entzogen werden müssen um ein so komplexes Protein, wie das Keratin der Federn aufzubauen.

Dieses Beispiel zeigt, wie robust der Mauservorgang trotz extremer Verhältnisse sein kann (WITTER & LEE 1995).

In menschlicher Obhut treten Hungerstreifen besonders in Massenhaltungen häufig auf, so z. B. bei Hühnern (*Gallus gallus f. domestica*). Das darf aber nicht über die Tatsache hinwegtäuschen, daß auch Wildvögel ständig einem Dauerstreß unterliegen (Hunger, Witterung, Feinddruck, Parasiten u. s. w.), der zu diesem Phänomen führt. Allerdings gibt es hier zu wenige quantitative Untersuchungen bei den Wildvögeln im Vergleich zu den gehaltenen Tieren.

Hungerstreifen können als Anlage genetisch vorhanden sein und dadurch bei Vorhandensein der entsprechenden Umweltauslöser individuell unterschiedlich stark ausgeprägt werden (Abb. 13). Die genetischen Veranlagung erklären auch das oben geschilderte Phänomen, daß Hungerstreifen in der Regel auf flugtechnisch mehr unbedeutende Bereiche umgelegt werden bzw. daß die Vögel individuell auf Streß reagieren.

Nicht vergessen werden darf, daß Vögel in der menschlichen Obhut aufgrund fehlender Feinde und der in der Regel besseren und konstanteren Ernährung um ein vielfaches älter

werden, als ihre Artgenossen in der freien Wildbahn. In solchen Fällen lassen sich die Phänomene des Alterns auch beim Vogel sehr gut beobachten. Wie auch beim Menschen lassen im Alter Stoffwechselfunktionen und Leistung nach, was sich häufig in Hungerstreifen oder partiellem Verlust des Gefieders äußert. So bekamen z. B. gekäfigte Fichtenkreuzschnäbel



Abb. 13: Steuerfeder des Sakers *Falco cherrug cherrug* (Beizvogel). Die erste Feder ist normal gebildet. Die beiden rechts stehenden Federn stammen von der Mauser des vorangegangenen Jahres und haben besonders im Spitzenbereich deutliche Hungerstreifenbildungen, die sich nicht nur in einer wellblechartigen Fahnenstruktur, sondern auch in einer Deformation der Federspitzen äußern. Interessanterweise war dieses Phänomen mit der nächsten Mauser verschwunden.

(*Loxia curvirostra*) und Gimpel (*Pyrrhula pyrrhula*), welche bis ins hohe Alter im Käfig lebten, im Alter zunehmend „Albino-Federn“ besonders im Schwingen- und Steuerbereich (In der Sammlung BUSCHING befinden sich mehrere derartige Exemplare, bzw. ist in der Sammlung von J. ERRITZØE unter der Katalognummer 4185 eine ca. 7 Jahre alte Dohle zu finden, die das gleiche Phänomen zeigt). Die „Albinofedern“ wiesen in vielen Fällen Fahnen- bzw. Kieldeformationen auf.

3. Mögliche lohnende Forschungsziele in Sachen Hungerstreifenphänomen

Der anhand der Literatur dargestellte Forschungsstand über das Hungerstreifenphänomen beweist, daß es auf diesem Gebiet noch viele ungeklärte Probleme gibt.

Diese beschränken sich keinesfalls nur auf die weitere Erforschung der zitierten Streßsituationen (Umwelteinflüsse, wie z.B. Hunger, ungünstige Wettersituationen, psychische Einflüsse, wie Feinddruck, anthropogen bedingter Streß, wie Lärm, Verkehr u. s. w.) (unpubliz. Manuskript J. ERRITZØE) auf die Häufigkeit der Hungerstreifenausbildung.

Interessant dürfte die Klärung von Fragen sein, wie z.B.

Untersuchungen der Auswirkungen von Hungerstreifen auf Langstreckenzieher im Gegensatz zu Standvögeln, Bodenbewohnern im Gegensatz zu Baumbewohner, Wasservogel im Gegensatz zu Wüstenvögeln. Nicht zu vergessen wären Vögel, die auf Inseln ohne nennenswerte Feinde leben. Desgleichen die Häufigkeit von Hungerstreifen in den verschiedenen Klimazonen. Tritt dieses Phänomen häufiger bei Jungvögeln, die ihr erstes Federkleid nur kurz im Herbst tragen, bevor sie wieder in das erste Winterkleid mausern, auf?

Wie groß ist die Leistungsfähigkeit in Brutpflege von Vögeln mit vielen Hungerstreifen im Vergleich zu denen ohne?

Welche Chancen haben Vögel mit vielen Hungerstreifen gegenüber den Prädatoren, ferner Fragen der Aerodynamik (untersucht im Windkanal), Chancen bei der Partnerwerbung, Fortpflanzung und damit Weitergabe des Erbgutes, Ethologie, Gesundheitszustand, so z.B. Häufigkeit von Endo- und Ektoparasiten, Stabilität des Immunsystems etc.?

Können Pestizide oder Umweltverschmutzungen der Industrie Federfehlbildungen und Hungerstreifen fördern bzw. auslösen?

Lassen sich Federfehlbildung als Umweltindikator nutzen?

Gibt es Zusammenhänge zwischen der Häufigkeit von Hungerstreifen im Gefieder und der Leistung (Eier und Fleisch) des Hausgefügels als wirtschaftliches Problem?

4. Zusammenfassung

Hungerstreifen sind band- oder lochartige Bildungen, die quer über Federn laufen und infolge struktureller Veränderungen der Federäste (*Rami*) deren Stabilität schwächen, im Extremfalle die Feder sogar brechen lassen. Lange Zeit glaubte man, daß Hungerstreifen primär durch Hunger verursacht werden. Aber neuere Untersuchungen deuten darauf hin, daß der Auslöser dieses Phänomens ein Faktorenkomplex ist, der vom Vogelorganismus als Streß empfunden wird, wobei eine typische Reaktion die Bildung von Hungerstreifen ist, treten die Streßfaktoren zur Zeit der Federentwicklung auf. Als Streßfaktoren gelten vor allem solche die den normalen Lebensablauf des Vogels stören und damit direkten Einfluß auf Stoff- und Energieumsatz des Organismus haben. Solche können z.B. Nahrungsmangel, anthropogen bedingter Psychostreß, wie Verkehrslärm u.ä., Feinddruck, Extremwetterlagen u. ä. sein. Eine besondere Rolle spielen auch infolge menschlicher Vogelhaltung künstlich induzierte Streßfaktoren. So wäre die Bezeichnung „Streßstreifen“ treffender für das Phänomen, als der Begriff „Hungerstreifen“, weil letzterer nur eine Teilwahrheit ausdrückt.

Vögel mit vielen Hungerstreifen haben geringere Überlebenschancen und auch Schwierigkeiten, einen Partner zu finden, da Hungerstreifen schlechte Qualitätsmerkmale sind. Die Fähigkeit der Bewältigung von Streßsituationen wird dadurch äußerlich sichtbar, je geringer die Belastung des Gefieders mit Hungerstreifen ist.

Summary

Fault bars are translucent bands, or more rarely spots, in feathers, produced by stressful events during feather formation and caused by defective barbule formation, and they are often points of feather breakage. It has been widely assumed that fault bars result from malnutrition during the period of feather growth. However, new investigations have shown that the release of this phenomenon is due to a complex of stress factors. Important among these are the ones that directly influence the normal course of life and affect metabolism, e.g. handling, either in measuring and weighting the bird or for ringing purposes, and captive birds are known to develop more fault bars than wild birds, e.g. in aviaries without cover, but also other anthropogenic disturbances like, e.g. noise from traffic may act as causes. So may short- or long-term adverse and unpredictable changes in environment conditions like bad weather. The frequency of fault bars varies from family to family, crows have many, swifts none and nestlings more than adults.

Birds with many fault bars have a lower probability of survival and less success in finding a mate because no fault bars are a sign of inferior quality (good genes), but some birds are more stress tolerant than others. Because the occurrence of fault bars is a fault development, the forces of natural selection have also operated on this trait: birds with a high risk of predation have fewer fault bars than those rarely preyed on, and in all birds the frequency was

higher in tail- than in flight feathers and more abundant in tertials than in primaries, as well known feathers less sensitive for flight performance.

A better name for this phenomenon would be stress bars.

5. Literatur

- BLANCO, G. & J. DE LA PUENTE. (2002):** Multiple elements of the black-billed magpie's tail correlate with variable honest information on quality in different age (sex/classes). *Anim. Behav.* **63**: 217-225.
- BORCHERT, A. (1970):** *Lehrbuch für Tierärzte der Parasitologie.* S. Hirzel Verlag, Leipzig.
- BORTOLOTTI, G. R., R. D. DAWSON & G. L. MURZA (2002):** Stress during feather development predicts fitness potential. *J. Animal Ecol.* **71**: 333-342.
- BUCHANAN, K. L. (2000):** Stress and the evolution of condition-dependent signals. *Trends Ecol. Evol.* **15**: 156-160.
- BUSCHING, W.-D. (1997):** *Handbuch der Gefiederkunde europäischer Vögel.* Bd. 1: Allgemeiner und methodischer Teil mit Hauptschlüsseln zu den Familien. AULA-Verlag Wiesbaden.
- BUSCHING, W.-D. (2000):** Weitere Rumpfungsunde teilleukistische Buntspechte. *Beitr. Gefied. kd. Morphol. Vögel* **6**: 65-66.
- CAMPBELL, B. & E. LACK (1985): *A Dictionary of Birds.* Buteo Books. Vermillion.
- DATHE, H. (1955):** Über die Schreckmauser. *J. Ornithol.* **96**: 5-14.
- DAWSON, R. D., G. R. BORTOLOTTI & G. L. MURZA (2001):** Sex-dependent frequency and consequences of natural handicaps in American Kestrels. *J. Avian Biol.* **32**: 351-357.
- DICKINSON, E. C. (2003):** *The Howard & Moore Complete Checklist of the Birds of the World.* 3rd edition. Christopher Helm, London.
- ERRITZØE, J., K. KAMPP, K. WINKER & C. FRITH (in prep.):** *A Dictionary for Ornithologists.*
- FITZPATRICK, S. & P. PRICE (1997):** Magpies' tails: damage as an indicator of quality. *Behav. Ecol. and Sociobiol.* **40**: 209-212.
- FRÖHLICH, A. (2005):** Federdeformationen und Wachstum von Küken der Braunen Skua (*Catharacta antarctica lonnbergi*). 22. Internationale Polartagung 18.-24. 9. 2005 Jena – Poster.
- GARMS, M. (2004):** Untersuchungen zur Parasitenfauna der Ringeltaube (*Columba palumbus Linnaeus*, 1758) aus unterschiedlichen Regionen Niedersachsens. Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Grades einer Doktorin der Veterinärmedizin (Dr. med.vet.). Tierärztliche Hochschule Hannover. 121pp.
- GRUBB, T. C. JR. (1989):** Ptilochronology: feather growth bars as indicator of nutritional status. *Auk* **106**: 314-320.
- GRUBB, T. C. JR. (1991):** A deficient diet narrows growth bars on induced feathers. *Auk* **108**: 725-727.
- GYLSTORFF, I. & F. GRIMM (1998):** *Vogelkrankheiten.* Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart 1998.
- HARRISON, C. J. O. (1985):** Plumage. In: B. CAMPBELL & E. LACK (eds.). *A Dictionary of Birds*, pp. 472-474. Poyser, Calton.
- HAWFIELD, E. J. (1986):** The number of fault bars in the feathers of Red-tailed Hawks, Red-shouldered Hawks, Broad-winged Hawks, and Barred Owls. *The Chat* **50**: 15-18.
- JOVANI, R. & J. BLAS (2004):** Adaptive allocation of stress-induced deformities on bird feathers. *J. Evol. Biol.* **17**: 294-301.
- KING, J. R. & M. E. MURPHY (1984):** Fault bars in the feathers of White-crowned Sparrows: dietary deficiency or stress of captivity and handling? *Auk* **101**: 168-169.
- KUTZNER, E. (1965):** Die Ektoparasiten bei Vögeln und ihre Bekämpfung. *Dtsch. tierärztliche Wschr.* **72**: 15-19.
- KUTZNER, E. (2000):** Athropodenbefall beim Geflügel in: BOCH, J., & R. SUPPERER (Hrsg.): *Veterinärmedizinische Parasitologie.* 5. Aufl., S.761-774. Paul Parey Verlag, Berlin.
- LARIANOW, W. T. (1935):** Über die Veränderung der Wachstumsgeschwindigkeit der Feder während der Mauser. *Zool. Anz.* **111**: 212-219.
- LEUNG, B., M. R. FORBES & D. HOULE (2000):** Fluctuating asymmetry as a bioindicator of stress: comparing efficacy of analyses involving multiple traits. *American Naturalist* **155** (1): 101-115.
- MACHMER, M. M., H. ESSELINK, C. STEEGER & R. C. YDENBERG (1992):** The occurrence of fault bars in the plumage of nestling ospreys. *Ardea* **80**: 261-272.
- MICHENER, H. & J. R. MICHENER. (1938):** Bars in flight feathers. *Condor* **40** (4): 149-160.
- MITCHELL, H. H. (1959):** Some species and age differences in amino acid requirements. In: A. A. ALBANESE, (ed.) *Protein and amino acid metabolism.* Academic Press, New York. pp. 11-43.
- MURPHY, M. E., B. T. MILLER & J. R. KING (1989):** A structural comparison of fault bars with feather defects known to be nutritionally induced. *Can. J. Zool.* **67**: 1211-1317.
- MØLLER, A. P. & J. P. SWADDLE. (1997):** *Asymmetry, Development Stability, and Evolution.* Oxford University Press, Oxford.

- MØLLER, A. P. (1989):** Viability cost of male tail ornaments in a swallow. *Nature* **339**: 132-135.
- MØLLER, A. P. (1994):** Sexual Selection and the Barn Swallow. Oxford University Press, Oxford.
- MØLLER, A. P. (1996):** Development of fluctuating asymmetry in tail feathers of the barn swallow *Hirundo rustica*. *J. Evol. Biol.* **9**: 677-694.
- MØLLER, A. P., J. ERRITZØE & J. T. NIELSEN (in prep.):** Frequency of fault bars in feathers of birds is negatively related to susceptibility to predation.
- NEGRO, J. J., K. L. BILDSTEIN & D. M. BIRD. (1994):** Effects of food deprivation and handling stress on fault-bar formation in nestling American Kestrels. *Ardea* **82** (2): 263-267.
- NEWTON, I. (1986):** The Sparrowhawk. T & A D Poyser, Calton.
- RIDDLE, O. (1908):** The genesis of fault bars in feathers and the cause of alternation of light and dark fundamental bars. *Biological Bulletin* **14**: 328-371.
- SARASOLA, J. H. & R. JOVANI (2006):** Risk of feather damage explains fault bar occurrence in a migrant hawk, the Swainson's hawk *Buteo swainsoni*. *J. Avian Biol.* **37**: 29-35.
- SLAGSVOLD, T. (1982):** Sex, size, and natural selection in the Hooded Crow *Corvus corone cornix*. *Ornis Scand.* **13** (3): 165-175.
- STIEFEL, A. (1985):** Wachstumsstreifen und Hungerstreifen der Federn, pp. 43-55. in: H. BUB: Kennzeichen und Mauser Europäischer Singvögel. Allg. Teil. Die Neue Brehm Bücherei. NBB 570. A Ziemens Verlag, Wittenberg Lutherstadt.
- WITTER, M. S. & S. J. LEE. (1995):** Habitat structure, stress and plumage development. *Proc. R. Soc. London B* **261**: 303-308.
- WOLTERS, H. E. (1975-1982):** Die Vogelarten der Erde. Paul Parey, Hamburg & Berlin.
- WOOD, H. B. (1950):** Growth bars in feathers. *Auk* **67**: 486-491.
- ZIEGLER, H. (1969):** Systematische und morphologische Bearbeitung der Federlingssammlung des Parasitologischen Institutes der Tierärztlichen Hochschule in Wien. Wien, Tierärztliche Hochschule, Vet.-med. Diss. 1969.

Bildquellen: Soweit nicht gesondert angegeben: W.-D. BUSCHING. Sämtliche abgebildeten Federbelege befinden sich in der Sammlung von W.-D. BUSCHING.

Anschrift der Verfasser: Dr. hc. JOHANNES ERRITZØE, House of Bird Research, Taps old Rectory, Oedisvej 43, Taps, DK-6070 Christiansfeld, Denmark. E-mail: erritzoe@birdresearch.dk,
 Dr. rer. nat. habil. WOLF-DIETER BUSCHING, Naumann-Museum, PF 1454, Schloßplatz 4, D-06354 Köthen/Anhalt. E-mail: Naumann-Museum@gmx.de, priv.: Mühlenbreite 23, D-06366 Köthen/Anhalt, E-mail: buschwolf@gmx.de