

# EGRETTA

VOGELKUNDLICHE NACHRICHTEN AUS ÖSTERREICH

Herausgegeben von Bird Life Österreich, Gesellschaft für Vogelkunde

37. JAHRGANG

1994

HEFT 1

EGRETTA 37, 1–22 (1994)

## Zur Genese der Hauffarbe (Rostfärbung durch Eisenoxid) beim Bartgeier, *Gypaetus barbatus*

Von Hans Frey<sup>1</sup> und Nina Roth-Callies<sup>2</sup>

### 1. Einführung in das Thema und Literaturübersicht

Rostfärbung bei Vögeln kann durch Pigmente (Melanin) oder Adhäsion von Eisenoxid verursacht werden. Letzteres haftet der Feder entweder äußerlich an (z. B. Bartgeier, *Gypaetus barbatus*) oder ist in ein netzartig verzweigtes Hohlraumsystem der Feder eingelagert (z. B. Anatiden, Berthold, 1967). Dieser Autor listet 120 Vogelarten auf, bei denen Eisenoxid zu sekundärer Rostfärbung führen kann. Die Kontamination mit dem Farbstoff erfolgt zufällig, z. B. in Zusammenhang mit der Nahrungssuche in eisenoxidhaltigen Flachmooren.

Die auffallende Intensität der Rostfärbung beim Bartgeier führte zu verschiedenen, z.T. recht widersprüchlichen, hypothetischen Erklärungsversuchen. Wälzen bzw. Baden in eisenoxidhaltigem Wasser oder Sand wurden ebenso in Betracht gezogen wie Beschmierungen mit Blut der Beutetiere (Gloger, 1862; Hodek, 1883). Andere Autoren nehmen an, daß vom Vogel selbst gebildete Farbstoffe die Rostfärbung verursachen, wie Puder (Nitzsch, 1840; Völker, 1938) oder Blutfarbstoff (Gloger, 1862; Hume, 1869; Kamner, 1922/1924; Stemmler, 1932). Reiser (1892), Hartert (1912, 1921) und Stemmler (1932) vermuten ätherische Stoffe, die der Vogel über die Haut oder Bürzeldrüse ausscheiden sollte. Kamner (1928) hält den Farbstoff für oxydiertes, eisenoxidhaltiges Bürzeldrüsenfett. Karotinoide, die von der Kehle beim Putzvorgang in das restliche Gefieder übertragen werden, sind schließlich der Erklärungsversuch von Clancey (1963, 1964).

Diese Vielfalt von Hypothesen veranlaßte Berthold (1967) zu einer bemerkenswerten und umfassenden Studie dieser Thematik. Ihm gelang es, die chemophysika-

<sup>1</sup> Institut für Parasitologie und Zoologie der Veterinärmedizinischen Universität Wien (Vorstand: O. Univ.-Prof. Dr. E. Kutzer).

<sup>2</sup> Forschungsinstitut WWF/Ö (Präsident: Prof. Dr. h. c. M. Mautner Markhof)

lischen Vorgänge des Färbvorganges im Detail zu klären, und er entwickelte, aufbauend auf experimentellen Studien an isolierten Federn, Beobachtungen an einem Gehegebartgeier und Freilanderhebungen, folgende Thesen: Die Rostfärbung des Bartgeiers besteht aus Eisen-III-oxid und Spuren von  $\alpha$ -Quarz. Diese Schminke haftet der Feder nur äußerlich an, bedingt durch besondere Strukturen der Bartgeierfedern und die außerordentliche Adhäsionsfähigkeit des Eisenoxids. Berthold prägt in diesem Zusammenhang den Begriff der „Hafffarbe“.

Der Rostfarbstoff, dessen Anteil bei intensiv gefärbten Federn bis 3,8% des gesamten Federgewichts betragen kann, ist somit kein Produkt des Vogels, sondern er wird passiv (Ruhem, Schlafen) durch Kontakt mit abfärbendem Untergrund übertragen.

Die breitgestreute Farbvariation freilebender Bartgeier wird durch das jeweilige Angebot an Eisenoxid in ihren Biotopen begründet. Brown & Bruton (1991) kommen nach knapp zweijährigen Freilandstudien an *Gypaetus barbatus meridionalis* in Natal Drakensberg, Südafrika, ebenfalls zum Schluß, daß die Farbübertragung passiv durch Ruhem auf Schlaf- und Rastplätzen zustandekommt.

Tatsächlich verschwindet die Rostfärbung der Bartgeier unter Gehegebedingungen (Girtanner, 1870; von Homeyer, 1883 a und b), kann aber nach Einbringen eisenoxidhaltiger Sande wieder in Erscheinung treten (Berthold, 1967).

Im Rahmen des Bartgeier-Projektes (Frankfurter Zoologische Gesellschaft 832/78, WWF 1657/78) konnten an gekäfigten und freilebenden Bartgeiern weiterführende Beobachtungen gemacht werden. Neben der von Berthold (1967) erwiesenen, passiven Kontamination spielen bei der Entstehung der Rostfärbung des Bartgeiers spezifische Verhaltensweisen eine maßgebliche Rolle. In Übereinstimmung mit den Beobachtungen Zollikofers (1890) in der Schönbrunner Menagerie färbten sich einzelne adulte Bartgeier in der Vienna Breeding Unit jeweils im Frühjahr bei Tauwetterperioden plötzlich intensiv schmutzig ein. Die Verfärbung des Gefieders wurde durch Erdschlamm verursacht, der zur Schneeschmelze kurzfristig lokal in den Gehegen entstand. Das Gefieder der Hals-, Brust- und Bauchregion einzelner Individuen war derart intensiv beschmiert, daß zufällige Verschmutzung ausgeschlossen erschien.

Am 26. 10. 1980 wurde ein sonderbares Verhalten des Bartgeiermännchens BG 2 beobachtet. Protokollauszug: „15 Uhr 15, BG 2, Nestbautätigkeit, trägt Wolle und Äste ein, fliegt danach auf den Boden in der Mitte des Geheges, trippelt dort im Halbkreis, beißt in den Boden und schleift mit Hals und Brust über diese Stelle. Sie liegt im grasbewachsenen Teil der Voliere, läßt keinerlei Auffälligkeit oder Unterschied zur Umgebung erkennen. Schnabelspuren und Kralleneindrücke sind danach zu sehen.“ Im August 1985 gelang es, dieses sonderbare Verhalten, nun an einem zahmen Bartgeier und aus nächster Nähe, wieder zu beobachten. Das Männchen BG 16 begann nach Ausschöpfen der Badebrente Gras auszureißen und in das nasse Erdreich zu beißen, um sich anschließend mit großer Heftigkeit an dieser Stelle Kehle und Brustregion zu reiben.

Am 3. 6. 1987 bewegte sich BG 16 frei in der Station umher. Er steuerte zielstrebig einen Perückenstrauch, *Rhus cotinus* (rotblättrige Variation), an, biß sehr erregt in die Blätter und riß mehrere davon ab. Dann legte er sich auf das zu Boden gefallene Laub und rieb wieder intensiv Kehle, Brust und Bauch daran. Dieses Verhalten wurde somit durch zwei Auslöser, feucht-nasses Erdreich und rote Farbe veranlaßt. Es lag daher nahe, beide Merkmale vereint anzubieten.

## 2. Material und Methodik

### 2.1. Untersuchte Vögel

Die Untersuchungen wurden von 1987 bis 1989 an 32 gekäfigten Bargeiern in der „Vienna Breeding Unit“ (zentrale Zuchtstation des Bartgeier-Projekts in Haringsee, Niederösterreich), einem handzahmen Bartgeier in Rauris, Hohe Tauern, Salzburg (einer der Freilassungsstandorte des Projektes), und von 1987 bis 1992 an einer ebendort freilebenden Bartgeierpopulation ( $n = 12$ ) durchgeführt, insgesamt an 45 Individuen. Zwölf der gekäfigten Bartgeier waren Wildvögel (BG 2, BG 3, BG 4, BG 9, BG 10, BG 12, BG 14, BG 16, BG 26, BG 29, BG 30, BG 65), die nach vieljähriger Haltung in Tiergärten in die Zentrale übernommen wurden, ein adultes Männchen wurde nach einer Verletzung direkt aus dem Freiland eingeliefert (BG 8). Bei den restlichen Bartgeiern handelte es sich um bereits nachgezüchtete Individuen der  $F_1$ -Generation ( $n = 28$ ), bzw.  $F_2$ -Generation ( $n = 4$ ). BG 46 war ein handzahmes, menschengepprägtes Bartgeiermännchen. Der Wildvogel BG 8 (Herkunft Pyrenäen) war zum Zeitpunkt der Übernahme intensiv orangerot gefärbt, alle anderen Bartgeier (freilebende und gekäfigte) zu Beginn der Versuche ungefärbt.

### 2.2. Dargebotene Substrate

Der zur Färbung verwendete eisenoxidhaltige Sand stammte aus dem Kalksteinbruch Ziegler in Grödig, Salzburg. Für die kostenlose Bereitstellung sei an dieser Stelle herzlich gedankt. Die chemische Analyse des Sandes ergab einen Fe-Gehalt von 10,5% (Houston et al., im Druck). Eine wäßrige Suspension dieses Sandes wurde in flachen, gestampften Erdvertiefungen oder muldenförmigen Betonwannen (ca. 50 x 50 cm) angeboten.

Drei Bartgeierpaaren (BG 2, BG 3, BG 9, BG 26, BG 29, BG 41) wurde in witterungsgeschützten, gemauerten Nischen eisenoxidhaltiger trockener Sand als Bodensubstrat angeboten.

Zehn Bartgeiern (BG 4, BG 9, BG 10, BG 14, BG 16, BG 26, BG 30, BG 40, BG 41, BG 65) wurde neben dem Grödiger Schlamm Erdschlamm in vergleichbarer Konsistenz angeboten. Der Abstand zwischen den zur Wahl stehenden Suhlen betrug jeweils ca. 1 m.

In Rauris wurden mit Männchen BG 16 Wahlversuche mit natürlich auftretenden Moorsuhlen durchgeführt. Die Grödiger Suspension wurde in diesem Fall unmittelbar neben den Moorsuhlen angeboten.

Dem menschengepprägten, gehegegeborenen Männchen BG 46 wurden Sand-suspensionen in folgenden Farben angeboten: dunkelrot, rosa, rostfärbig, gelb, grün, blau, violett. Die Anordnung der Wannen wurde so gewählt, daß die rostfärbige Suspension (Grödiger Sand) nur durch Umgehung andersfarbiger Suhlen zu erreichen war. Für BG 46 war dieser Farbwahlversuch zugleich auch eine Erstpräsentation.

Je nach Wetterlage wurde die Farbsuhle in den Gehegen alle 7 bis 14 Tage ausgewechselt.

Neben der Suspension standen allen gekäfigten Bartgeiern kontinuierlich Badebrennen mit Fließwasser zur Verfügung.



Den freilebenden Bartgeiern wurde die Suspension in einer gestampften Erdvertiefung am Rande einer Lawinenrinne angeboten. Dieser Suhlplatz war ca. 50 m vom Freilassungshorst entfernt (die Freisetzung der Bartgeier erfolgt nach der „hacking technique“ im Nestlingsstadium durch Einsetzen in Horstnachbildungen, Frey, 1992).

### 2.3. Wirkung der Suspension auf Ektoparasiten

Versuche zu dieser Fragestellung wurden an Mallophagen (*Degeeriella rufa*, *Colpocephalum zerfae*) eines Turmfalken (*Falco tinnunculus*) durchgeführt. Isolierte Federlinge und mit Mallophagen behaftete Konturfedern des Turmfalken wurden in eine wäßrige Suspension des Grödiger Sandes eingebracht. In beiden Versuchsanordnungen wurde darauf geachtet, daß die Federlinge vollständig in die Suspension eingetaucht wurden.

### 2.4. Beurteilung der Farbintensität

Die Beurteilung der Farbintensität erfolgte nach 5 Abstufungen:

**Stufe 1:** ungefärbte Individuen

**Stufe 2:** Rostfärbung nur in Spuren nachweisbar (Kehle, Federhosen)

**Stufe 3:** Geringgradig eingefärbte Individuen (Rostfärbung nur im Kehlbereich deutlich, Federn des Halses, der Brust und des Bauches nur schwach bzw. ungefärbt, Kopf: rein-weiß).

**Stufe 4:** Mittelgradig eingefärbte Individuen (nur die medialen Teile der Brust und des Bauches sowie das Kehlfieder tief rostrot eingefärbt, nach lateral allmählich fortschreitend verblaßt die Gefiederfarbe zu hellem Rostrot, Federn des Oberkopfes deutlich heller gefärbt).

**Stufe 5:** Hochgradig eingefärbte Individuen (der tief rostrote Farbton erstreckt sich über das gesamte Kleingefieder und erreicht auch, etwas abgeschwächt, die Federn des Oberkopfes, Farbauflagerungen auch an Schwung- und Stoßfedern erkennbar). Die Beurteilung der Farbintensität erfolgte im September 1987 (2 Monate nach dem kontinuierlichen Suhlangebot) und jeweils im Frühjahr und Herbst 1988 und 1989.

Die Beurteilung der Farbintensität juveniler Bartgeier war aufgrund der dunklen Grundfärbung erschwert.

Die Beobachtungen erfolgten bei vertrauten Individuen aus unmittelbarer Nähe, sonst aus einer Entfernung von 30 bis 50 m mit Feldstecher oder Spektiv. Die Verhaltensweisen wurden an handzahmen Bartgeiern im Detail protokolliert und durch Videoaufzeichnungen und Fotos dokumentiert. Für die Anfertigung der Videoaufzeichnung an BG 16 in Rauris sind wir Herrn G. Roth zu Dank verpflichtet. Ganz herzlich danken wir auch Herrn Ch. Schneider für die Anfertigung der Zeichnungen.

## 3. Ergebnisse

### 3.1. Färbeversuche mit trockenem, eisenoxidhaltigem Sand

Die sechs adulten Bartgeier zeigten kein Interesse an rotgefärbtem, trockenem Sand. Teilweise wurde er nach einigen Wochen mit Nistmaterial überbaut. Lediglich die Beinbefiederung färbte sich zart rostrot an.

### 3.2. Färbeversuche mit wäßrigen Suspensionen eisenoxidhaltiges Sandes

Die Erstdarbietung fand am 15. 6. 1987 mit BG 16 in Rauris statt. Schon während des Eingießens des Schlammes geriet das zahme Männchen BG 16 in höchste Erregung und näherte sich unmittelbar der Suhle. Der gesamte anschließende Verhaltensablauf wird in den folgenden Abbildungen dargestellt und beschrieben:

Der Bartgeier steht neben der Suhle oder schreitet mit trippelnden Schritten um sie herum. Die „Skleralringe“ sind, als Zeichen der außerordentlichen Erregung, leuchtend rot gefärbt und treten deutlich hervor. Der dreieckig geformte, mediale Augenwinkel ist stark erweitert. Der Vogel führt kauende Schnabelbewegungen durch, reißt wiederholt den Schnabel extrem weit auf, wobei die Zunge hervorgestreckt wird (Abb. 1). Das „Gähnen“ ist bisweilen von schlenkernden Kopfbewegungen begleitet. Die Suhle wird immer wieder erregt betrachtet. Das gesamte Gefieder ist glatt angelegt. Zwischendurch sichert der Bartgeier wiederholt.



Abb. 1: Vorwiegend zu Beginn des Einfärbens „gähnen“ Bartgeier wiederholt.



Abb. 2: Unmittelbar vor dem Einfärben wird Schlamm gekostet und die Suhle durch Trippeln und heftiges Beißen aufgewühlt.

Der Vogel betrachtet, unter Fortführung kauender Schnabelbewegungen, die Suhle, beugt sich hinunter und schöpft mit halb offenem Schnabel (Abb. 2). Er kostet den Schlamm, beißt hinein und zert am angrenzenden Pflanzenbewuchs. Erdklumpen, Grasbüschel, Wurzeln u. dgl. können dabei herausgerissen werden. Sie fallen aus dem Schnabel oder werden durch Kopfbeuteln aus dem Schnabel entfernt. Auch dieser Bewegungsablauf wird immer wieder durch Sichern unterbrochen, ebenso durch „Gähnen“.



Abb. 3: Das Einfärben beginnt mit dem Eintauchen der Kehle und/oder der Kloakenregion.

Beginn des eigentlichen Einfärbens: Der Vogel kauert sich auf die Sprunggelenke und preßt die Kehlgregion ruckartig in den Schlamm. Diese Bewegung kann 4- bis 8mal in einer Folge wiederholt werden. Sie wird mit großer Heftigkeit durchgeführt und ist von klatschenden Geräuschen begleitet. Kopf und Schnabel werden dabei zunächst parallel zum Untergrund in die Suhle gepreßt und anschließend unter Druck körperwärts gezogen. In der Endphase der Bewegung ist das Atlantoooccipitalgelenk maximal gebeugt, und der Bartgeier kann in dieser Stellung wie erstarrt kurzfristig verharren. Synchron mit dem Einpressen der Kehlgregion wird auch die Kloake bzw. Beckenregion gegen den Boden gestemmt. Flügel und Gefieder sind während des Einfärbens angelegt (Abb. 3 und Abb. 4). Der Bewegungsablauf wird öfters durch längeres Ruhen in der Suhle unterbrochen. Kopf und Hals sind dabei erhoben, der Bartgeier sichert (Abb. 5). Ebenso können Schlammbeißen und -kosten, kauende Schnabelbewegungen und „Gähnen“, weiters Aufstehen und seitliches Trippeln in der Suhle und Lageveränderungen durch trippelndes Drehen im Halbkreis den Suhlvorgang unterbrechen. Auch längere Pausen mit Verlassen des Schlammabades (um sich zu schütteln, zu putzen oder von einer erhöhten Warte aus zu sichern) und anschließender Rückkehr sind möglich. Während des Einpressens der Kehlgregion sind öfters leise, pfeifende Töne zu hören (sie entsprechen in Dauer und Klang dem „gepreßten“ Pfeifen, das mitunter während des Kotabsatzes zu hören ist). Der gesamte Schnabel kann bei diesem Vorgang im Schlamm verschwinden.

Das Einfärben der Kloakenregion erfolgt durch einen weiteren Bewegungsablauf, der entweder einleitend vor dem Einfärben der Kehle und Brust oder selbständig durchgeführt wird (Abb. 4). Nach Betreten der Suhle wird die Kloakenregion ruckartig in den Schlamm gepreßt und sofort wieder angehoben. Der Bartgeier steht dabei noch.

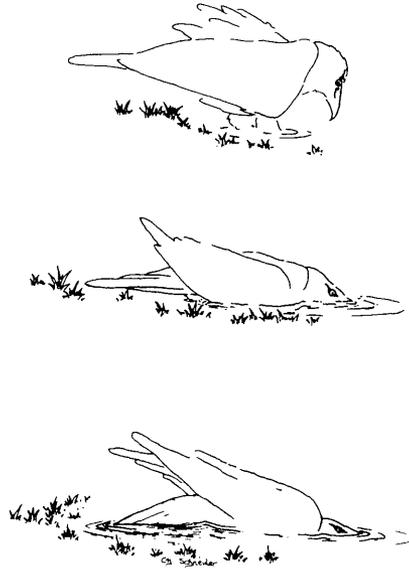


Abb. 4: Die Kehl- und Kloakenregion werden in den Schlamm gepreßt und der Kopf im Atlanto-occipitalgelenk maximal gebeugt. In dieser Stellung verhartet der Bartgeier kurzfristig wie erstarrt.



Abb. 5: In der Suhle liegend, sichert der Bartgeier immer wieder zwischen den Einfärbevorgängen.

Diese Beckenstöße können unmittelbar in den in Abb. 3 beschriebenen Vorgang übergehen, wobei sich der Bartgeier zunächst auf die Sprunggelenke niederläßt. Als selbständige Bewegungsfolge werden die ebenfalls sehr heftig und rasch durchgeführten Stöße mehrfach wiederholt (bis zu 8mal), Brust und Kopf bleiben dabei aufrecht und sind nicht in Schlammkontakt.

Alle beschriebenen Verhaltensweisen können einander in unterschiedlicher Reihenfolge abwechseln. Der gesamte Einfärbevorgang dauert insgesamt 30 bis 60 Minuten. Bei Paaren oder Jungtiergruppen lösen einander die Individuen an der Suhle ab, wobei das Dominanzverhältnis die Reihenfolge der Suhlenbenützung bestimmt.

Nach dem Schlammbad ist lediglich ein schmaler, 10 bis 15 cm breiter Federstreifen, der von Kehle über Hals, Brust und Bauch bis in die Kloakenregion reicht und auch die Unterschwanzdecken einbezieht, völlig mit Schlamm beschmiert (Abb. 6). Eine Schlammsschicht tragen ebenso der Schnabel, der Bart, die Beinbefiederung und die Beine selbst. Geringe Schlammspuren finden sich im Bereich der Flügelbüge. Die restlichen Federn, insbesondere die des Seiten- und Oberkopfes, des Nackens und Rückens und die gesamten Stoß- und Schwungfedern bleiben fast gänzlich sauber.



Abb. 6: Nach der Benützung der Suhle ist außer der Kehle lediglich ein schmaler Federstreif des Halses, der Brust und des Bauches mit Schlamm verschmiert.

Der Bartgeier verläßt die Suhle zu Fuß oder fliegend (das Flugvermögen ist im Gegensatz zum Zustand nach dem Baden nicht eingeschränkt) und sucht eine übersichtliche Sitzwarte auf. Er beginnt mit Gefiederpflege. Während des Putzvorganges wird durch Schnabel und Krallen der rosthältige Schlamm schrittweise auf das restliche Gefieder verteilt, so auch auf das Gefieder der Schulterpartien. Von dort überträgt der Vogel durch drehend-abrollende Kopfbewegungen, die blitzschnell erfolgen, den Farbstoff auf das Kopfgefieder. Durch diese etappenweise Übertragung kommt es zu stufenweiser Abnahme der Eisenoxidkonzentration und zu allmählichen Übergängen der Farbintensität. Überschüssiger Schlamm wird mit dem Schnabel von den Federn abgestreift und abgeschluckt oder aus dem Schnabel geschleudert. Wiederholt werden Schlammreste vom Schnabel durch Scheuern an Steinen entfernt. Nach dem Abtrocknen des Gefieders beginnt der Schlamm während des Putzvorganges abzustäuben. Der Vogel schüttelt sich dabei immer wieder und ist dann in Staubwolken gehüllt. Bei dickbreiiger Konsistenz der Suhle bleibt ein Teil der Federn bis zum nächsten Bad verklebt. Das Bad kann unmittelbar nach dem Einfärben bis mehrere Tage danach genommen werden. Dabei lösen sich weitere Teile des Suhlschlamm-

mes und es kommt zu einer homogeneren Verteilung des Farbstoffes im Gefieder. Das Farbgefälle zur Peripherie bleibt jedoch erhalten: Tief orangerot sind Kehle, mediale Teile des Halses, der Brust und des Bauches gefärbt, lateral läßt die Farbintensität allmählich nach, bis hin zu zarter Pastellfärbung des Gefieders von Oberkopf und Nacken.

### 3.3. Färbeextensität innerhalb der Gehegepopulation

Allen 32 Bartgeiern der Station Haringsee wurde eisenoxidhaltiger Schlamm ad libitum angeboten. 28 Individuen färbten sich innerhalb des 1. Tages des Angebots an. Bei scheueren Individuen verhinderte die Präsenz eines Beobachters in der näheren Volierenumgebung diesen Vorgang. Auch sie färbten sich jedoch ein, sobald sich der Beobachter entfernt hatte. Drei Bartgeier (BG 17, BG 29, BG 44) benützten die Suhle zunächst nicht. Sie gerieten zwar in große Erregung (deutlich hervortretende „Skleralringe“) und demonstrierten verschiedene Übersprungshandlungen (vermehrte Lokomotion, Flügelschlagen, Abschlucken von Futterstücken, Herumschleppen von Ästen, Steinen u. dgl.). Sie flogen auch heftig flügelschlagend die Suhlen unmittelbar an, bissen in deren Umgebung in das Erdreich, ließen dann aber wieder davon ab. Bei diesem Anlaß wurden bisweilen Gegenstände (Äste, Wolle) in der Suhle deponiert.

Auch diese drei Individuen färbten sich in den folgenden 2–3 Wochen schwach ein, BG 29 und BG 44 im weiteren Verlauf des Versuchs mittel- bis hochgradig. Nur ein Bartgeier (BG 8) blieb ungefärbt. Dieser bereits greisenhafte Bartgeier war weitgehend erblindet und verließ kaum noch seine Horstplattform. Er konnte offensichtlich die angebotene Suhle nicht mehr erkennen. Zu erwähnen ist, daß BG 8 ursprünglich als verunglückter Wildvogel in tief orangerotem Gefiederzustand in die Station gelangte (vgl. Punkt 3.8.).

### 3.4. Färbeextensität innerhalb der freilebenden Population

#### 3.4.1. Färbeversuch 1988

Das 1. Angebot einer Suhle erfolgte im Juni 1988. Bis dahin waren am Standort Rauris insgesamt acht Bartgeier freigesetzt worden (1986 vier, 1987 zwei, 1988 zwei Tiere). Zu diesem Zeitpunkt hielten sich drei Bartgeier fast kontinuierlich im Freilassungsgebiet auf, ein vierter besuchte sporadisch das Tal. Zwei davon (BG 100 und BG 102) wurden zum Zeitpunkt der Einrichtung der Suhle gerade flügge. Diese beiden Jungvögel färbten sich jeweils wenige Tage nach dem Ausfliegen ausgiebig in der Suhle ein. Besonders bei BG 102 war die Rostfärbung danach sehr deutlich zu erkennen.

Bei den anderen beiden Bartgeiern handelte es sich um Vögel der Freilassung 1986 (eine individuelle Identifizierung anhand der färbigen Fußringe gelang in dieser Zeitspanne nicht). Ende Juni entdeckte einer der beiden die frische Suhle und begann sich einzufärben. Der Vorgang wurde jedoch von BG 102 nach wenigen Minuten unterbrochen, der den älteren Artgenossen abdrängte. Kurz darauf nahm BG 102 selbst ein Schlammbad.

Am 6. 1. 1989 konnte am immaturren Bartgeier BG 84 (Freilassung 1986) deutliche Rostfärbung an Kehle- und Brustgefieder festgestellt werden. BG 84 war auch im Frühjahr 1989 regelmäßig am Freilassungsplatz im Krumltal anzutreffen, wobei auch hier die Färbung auffiel.

### 3.4.2. Färbeversuch 1989

Im Juni 1989 wurde am Fuß der Horstwand an einem regensicheren Platz neuerlich eine Suhle eingerichtet. Zu den neun bereits vorhandenen Bartgeiern (ein neunter Jungvogel, BG 106, wurde noch im Juli 1988 freigesetzt) kamen im Mai 1989 drei weitere Jungtiere, gefolgt von einem vierten, Ende Juni. Im Gegensatz zum Vorjahr wurde das Schlammbad in diesem Jahr von den Bartgeiern zwar regelmäßig aufgesucht, jedoch kaum zum Einfärben benützt.

Von den 1988 freigesetzten Jungtieren waren BG 100 und BG 102 bei zahlreichen Sichtbeobachtungen am Freilassungsstandort deutlich eingefärbt, während an BG 106 keine Haftfarbe sichtbar war. Auch die vier 1989 freigesetzten Jungvögel schienen ungefärbt zu sein. Ebenfalls ungefärbt war ein Ende Juni/Anfang Juli anwesender zweijähriger Bartgeier (Freilassung 1987).

### 3.4.3. Gebrauch natürlicher Schlammsohlen

Ab 1990 wurden am Freilassungsort Rauris keine künstlichen Sohlen mehr errichtet. Die aus dem Färbeversuch 1989 stammende Suhle war durch Witterungseinflüsse bereits ohne Funktion. Dennoch zeigte sich auch danach bei allen mehrjährigen Bartgeiern die typische Rostfärbung freilebender Vögel.

Eine gezielte Suche nach natürlichen Ockertümpeln im Umfeld des Freilassungsortes blieb bisher ohne Erfolg. Dennoch muß zumindest eine geeignete Sohlmöglichkeit im Nahbereich des Krumltales existieren, wie eine Beobachtung im August 1992 belegt. Das Bartgeierweibchen BG 106 (Freilassung 1988) erschien zu diesem Zeitpunkt am Freilassungsort unmittelbar nach einem Schlammbad. Kehle-, Brust- und Bauchgefieder waren in charakteristischer Weise mit rotbraunem Schlamm verschmiert. Auf einer der Sonne ausgesetzten Felskante begann sie, das feuchte verklebte Gefieder zu säubern. BG 106 ist eines der am Freilassungsort seßhaft gewordenen Individuen (Verpaarung und Revierbildung 1988, Horstbau 1991).

### 3.5. Färbeintensität der Gehegebartgeier

Die nachfolgenden Tabellen 2 bis 4 vermitteln einen Überblick über die Intensität der Rostfärbung im Hinblick auf die Kriterien Lebensalter (juvenile, immature, subadulte, adulte Individuen), Geschlecht und Herkunft (Wildfang, Gehegezucht).

Die Ermittlung der Färbeintensität freilebender Bartgeier stieß auf erhebliche Schwierigkeiten. Eine exakte Eingliederung in die fünf Abstufungen war aufgrund der weiten Beobachtungsdistanz nicht durchführbar. Dennoch waren beträchtliche Unterschiede zwischen den Bartgeiern erkennbar.

Tabelle 2: Färbeintensität und Lebensalter innerhalb der Gehegepopulation (n = 32) Haringsee

Altersgruppe ■	Färbeintensität				
	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)	5 (%)
juvenil (n° = 12)	1 (8,3)	4 (33,3)	6 (50)	1 (8,3)	0 (0)
immatur (n° = 10)	0 (0)	1 (10)	4 (40)	5 (50)	0 (0)
subadult (n° = 9)	0 (0)	1 (11)	1 (11)	7 (77,8)	0 (0)
adult (n° = 72)	0 (0)	4 (5,5)	10 (13,9)	27 (37,5)	31 (43)
senil (n° = 4)	4 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

■ Altersgruppen in Anlehnung an Heredia & Heredia (1991): Juvenil bis 43 Monate, immatur bis 60 Monate, subadult bis 72 Monate Lebensalter.

n° = Anzahl der Beurteilungen der Färbeintensität.

Tabelle 3: Färbeintensität und Geschlecht, Gehegepopulation Haringsee (n = 31)

Färbeintensität	♂♂ (n° = 64)	♀♀ (n° = 41)
1	0	0
2	7 (11%)	2 (4,9 %)
3	18 (28 %)	7 (17 %)
4	24 (37,5 %)	16 (39%)
5	15 (23 %)	16 (39 %)

n° = Anzahl der Beurteilungen der Färbeintensität.

Tabelle 4: Färbeintensität und Herkunft, Gehegepopulation Haringsee (n = 31)

Herkunft	Färbeintensität				
	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)	5 (%)
Wildfang (n° = 46)	0 (0)	0 (0)	7 (15,2)	13 (28,3)	26 (56,5)
Gehegenzucht (n° = 62)	0 (0)	9 (14,5)	19 (30,6)	27 (43,5)	7 (11,3)

n° = Anzahl der Beurteilungen der Färbeintensität.

### 3.6. Wahlversuche

#### 3.6.1. Wahlversuche mit Erdschlamm

Bei allen Präsentationen wurde von den Bartgeiern ausnahmslos die Grödiger Suspension aufgesucht und ausgiebig zum Einfärben benutzt. Dies ist auch insofern bemerkenswert, als bei den Wahlversuchen mit Erdschlamm nur 2 der untersuchten Bartgeier einzeln untergebracht waren (BG 4, BG 16), der Rest paarweise. Bei letzteren mußte daher jeweils einer der Partner neben der Suhle, die ja nur einem Vogel Platz bot, warten, um an die Reihe zu kommen.

#### 3.6.2. Wahlversuche mit Moorschlamm

Der Bartgeier benützte bei 2 Präsentationen ausschließlich die eisenoxidhaltige Suspension und vermied jeden Kontakt mit dem benachbarten Moorschlamm.

#### 3.6.3. Wahlversuche mit verschiedenfärbigen Sandsuspensionen

Das menschengeprägte Männchen BG 46 suchte unter Umgehung andersfarbiger Sandsuspensionen unmittelbar nach Einbringen der Wannen in sein Gehege zielstrebig die Grödiger Suspension auf und begann sich sofort damit einzufärben. Auch bei mehrmaligem Positionswechsel der Wannen blieben alle anderen Farbangebote unberücksichtigt. Besonders hervorzuheben ist, daß alle Varianten der Farbe Rot der Grödiger Suspension unmittelbar benachbart vorgelegt wurden. Nach ausgiebigem Einfärben begann BG 46 auch die anderen Wannen zu inspizieren. Er interessierte sich jedoch nicht für ihren Inhalt, sondern erfaßte die Behälter mit dem Schnabel am Rand und verschüttete die Suspension.

### 3.7. Einflüsse auf das Einfärbeverhalten

#### 3.7.1. Farbintensität der Suhle

Das Einbringen des frischen Suhlschlammes induzierte regelmäßig bei einem Großteil der Bartgeier Einfärbeverhalten.

#### 3.7.2. Witterungseinflüsse und Konsistenz der Suhle

Regenfälle beeinträchtigen nachhaltig die Beschaffenheit der Suhle. Sie verliert durch Verdünnung des Farbstoffes sehr rasch an Attraktivität und wird von den Bartgeiern nicht mehr beachtet. Umgekehrt führen Schönwetterperioden zur Eindickung der Suhlen. Eintrocknender, dickbreiiger Schlamm bildet durch Intensivierung der Färbung ganz besonderen Anreiz, hingegen verlieren die Bartgeier nach Verkrusten und Ausbleichen der Suhle jedes Interesse daran. Aufweichen der Suhle nach Trockenperioden führt wieder zur Steigerung der Attraktivität.

Bei kontinuierlichem Angebot an Suhlen färben sich Bartgeier fast nur an Schönwettertagen. Das Einfärben unterbleibt völlig an Regentagen oder bei nieseligem Wetter, bei Frost und Schneelage. Auftauen der Suspension löst dagegen sehr heftiges Einfärben aus. Dabei dürfte neben der Intensivierung der Farbe auch der längere Entzug von Bedeutung sein.

### 3.7.3. Endogene Faktoren

Neben diesen exogenen Einflüssen, die die Häufigkeit des Einfärbens grundsätzlich beeinflussen, spielen jedoch offensichtlich auch individuelle Unterschiede zwischen den Bartgeiern eine Rolle.

Manche adulte Brutvögel frequentieren die Suhle außerordentlich oft. Die Bartgeier BG 3, BG 4, BG 10, BG 14 und BG 15 suhlten sich nach der Erstpräsentation mehrere Wochen fast täglich. Ihr Kehle-, Brust- und Bauchgefieder war tagelang mit rotem Schlamm verschmiert. Das Einfärben wurde derart ausdauernd und heftig durchgeführt, daß der Sand zu starker mechanischer Abnutzung der Federn dieser Körperregionen, vor allem im Bereich der Brust, führte. Die Federn dieser Region wiesen allmählich nur noch den Kiel auf, die Fahne war, bis auf Reste an den Federspitzen und am distalen Bereich, weggeschuert.

Bemerkenswert ist die Beobachtung, daß die Frequentierung der Suhlen und damit die Intensität der Rostfärbung bei manchen Individuen auch jährliche Schwankungen aufweist. Es kam bei je vier Individuen sowohl zu einer Steigerung der Frequenz (BG 17, BG 41, BG 70, BG 79) als auch zur Senkung derselben (BG 2, BG 9, BG 40, BG 65). Da die Versuchsbedingungen unverändert blieben, sind endogene Steuerungsmechanismen anzunehmen.

### 3.8. Verlust der Haftarbe

Im März 1978 wurde ein prächtig orangerot gefärbter Wildvogel (BG 8) aus den Pyrenäen nach einer Kollision mit einem Fahrzeug schwer verletzt und invalid in die Station übernommen. Dieser Bartgeier verlor im Laufe des Sommers und des Herbstes allmählich die Rostfärbung. Der Farbverlust wurde nicht durch Verblässen gefärbter Federn, sondern durch den Mauserprozeß verursacht. 1979 war der Bartgeier schließlich rein weiß. Stoß- und Schwungfedern waren erst nach 1 bis 2 Jahren gänzlich gewechselt. Auch nach so langer Zeit war an den noch erhaltenen ursprünglichen Federn recht deutlich Rostfärbung in gelblicher Pastelltönung erkennbar.

An den Bartgeiern der Station wurden zu dieser Fragestellung keine Untersuchungen durchgeführt. Da das Suhlbedürfnis anscheinend sehr groß und somit für das Wohlbefinden der Bartgeier wichtig zu sein scheint, werden Suhlen in allen Gehegen dauernd zur Verfügung gestellt.

### 3.9. Funktion des Bartes in Zusammenhang mit dem Einfärben

Ein Büschel derber, borstenartiger, bis ca. 6 cm langer Federn steht beim Bartgeier in einem Winkel von rund 90° vom Unterschnabel ab. Dieser namensgebende Federbart ist in allen Altersstufen (ausgenommen frühes Nestlingsstadium) ausgebildet. Über seine Funktion ist nichts bekannt. Eine funktionelle Beteiligung dieses auffälligen Federmerkmals in Zusammenhang mit dem Einfärben wäre in zwei Phasen des Färbevorganges denkbar: In stehenden Ockertümpeln kommt es sehr rasch zu einer Sedimentation der eisenoxidhaltigen Partikel. Das anstehende Wasser ist nach wenigen Stunden klar und fast farblos. Bartgeier wirbeln vor dem Einfärben durch Tripeln in der Suhle mit dem Schnabel das Sediment auf. Beim Einpressen und Durchziehen des Schnabels könnte der Borstenbart eine bessere Homogenisierung der Suspension bewirken. Während des anschließenden Putzvorganges wird der Feder-

bart abwechselnd mit stark verschmierten Federpartien der Kehle- und Halsregion und sauberen in lateralen Körperregionen in intensiven Kontakt gebracht. Der Bart selbst ist durch das nachhaltige Einpressen der Kehle immer völlig mit Schlamm durchtränkt. Ein Teil der Rostfarbe wird auf diese Weise wie mit einem Pinsel auf andere Federn übertragen.

Eine Analyse der Videoaufnahmen konnte jedoch darüber keine eindeutige Auskunft geben. Festzustellen ist lediglich, daß der Bart beim Putzvorgang mit den Federn in innige Berührung kommt.

### 3.10. Anfärben durch andere Substanzen

In der Station konnten mehrfach passiv erworbene Verfärbungen des Gefieders der Bartgeier beobachtet werden. Meist handelte es sich um Verfärbung des Brust- und Bauchgefieders, und sie war immer mit Aktivitäten am Horst verknüpft. In den ersten Jahren der Bartgeierhaltung wurde ungewaschene Schafwolle als Nistmaterial angeboten. Beim Eintragen und Mulden sowie bei der Brut und beim Huden wurde Wollfett in das Federkleid übertragen, das schmutzgelbe Tönung einnahm. Diese Farbtonung ging jedoch nach Beendigung der Horstaktivität durch Regen oder Bäder rasch wieder verloren. Die erwähnten Federpartien wurden öfters auch mit Blutfarbstoff kontaminiert. Nach dem Schlupf des Jungvogels werden Nahrungsdepots direkt am Muldenrand angelegt, mit denen der hudernde Altvogel in direkte Berührung kommt. Auch diese Abfärbungen zeichnen sich durch geringe Haltbarkeit aus.

### 3.11. Übertragbarkeit der Haftfarbe

Brütende oder hudernde Altvögel übertragen die Rostfärbung in erheblichem Ausmaß auf das Nistmaterial der Horstmulde (vorwiegend Schafwolle), Eier und Nestlinge. Das geschieht nur dann, wenn Elterntiere sich zuvor frisch gesuhlt haben und mit noch feuchtem Gefieder die Brutpflege übernehmen. Übertragung der Farbe durch trockenes Gefieder konnte selbst bei intensiv gefärbten Elterntieren nie beobachtet werden. Durch Huderbewegung wird der Farbstoff sehr innig mit Nistmaterial, Eiern oder Nestlingen in Berührung gebracht. Besonders auffällig ist die Farbveränderung bei den Nestlingen von weiß oder grau zu einer satten Ocker- bis Brauntönung. Wie bereits erwähnt, kommt es gerade zur Brut- und Nestlingszeit bei Tauwetterperioden zu sehr intensiver Benützung der Schlamm-bäder, wobei meist beide Brutpartner zeitlich gestaffelt die Suhle aufsuchen.

### 3.12. Versuche zur Wirkung eisenoxidhaltigen Schlammes auf Mallophagen

Turmfalkenmallophagen, die mit Grödiger Sandsuspension vollständig benetzt wurden, verendeten innerhalb weniger Sekunden. Hingegen überlebten Federlinge, die an der Oberfläche der Suspension zu liegen kamen.

Die gleiche Versuchsanordnung wurde anschließend mit reinem Leitungswasser wiederholt. Auch dieses führte bei völliger Benetzung der Mallophagen rasch zu deren Tod. Die Benetzung der Konturfedern mit reinem Wasser war jedoch im Vergleich zur Suspension deutlich erschwert und erst nach wiederholtem Eintauchen und Schwenken im Wasser erzielbar.

#### 4. Diskussion

Ein von Berthold (1967) im Tierpark Tripsdrill (Württemberg) untersuchter Bartgeier färbte sich nach Einbringen von eisenoxidhaltigem Sand als Bodensubstrat schon nach einer Woche an der gesamten Unterseite und besonders an der Kehlbust-Region rostgelb an. Der Sand wurde in angefeuchteter Form (Regen und künstliche Bewässerung) angeboten. Da Berthold den Bartgeier tagsüber nur sehr selten auf Brust und Bauch liegend ruhen sah, suchte er nach einer weiteren Erklärung für den doch erheblichen Farbstoffeintrag in das Gefieder. Die Erklärung für diesen Umstand sah er schließlich in einem Bericht Girtanners (1870). Girtanner beschreibt darin die Schlafhaltung seines gekäfigten Bartgeiers. Dieser Vogel pflegte über Nacht flach ausgestreckt zu liegen, wobei auch Kopf und Hals auf den Boden hingestreckt wurden. Bei nächtlichen Stichproben am Tripsdriller Bartgeier konnte Berthold die Girtannerschen Beobachtungen bestätigen und kam danach zur Überzeugung, daß ein zufälliger, passiver Vorgang das Einfärben verursacht.

Im Gegensatz zu Berthold (1967) konnten Brown & Bruton (1991) an einem in einem Gehege gehaltenen Bartgeier der Subspecies *Gypaetus barbatus meridionalis* ein besonderes Verhalten beobachten: der Bartgeier rieb sich nach dem Benetzen seines Gefieders mit Wasser in Staub bzw. Schlamm. Da Eisenoxid in beiden Substraten aber fehlte, blieb das Gefieder weiß. Brown & Bruton maßen dieser Beobachtung jedoch keinerlei Bedeutung bei, da sie bei ihrem umfangreichen Freilandstudien niemals eine vergleichbare Verhaltensweise feststellen konnten.

Versuche mit trockenem, eisenoxidhaltigem, intensiv rostrot gefärbtem Sand an sechs adulten Bartgeiern in der Vienna Breeding Unit bestätigten die Aussagen Bertholds (1967). Es konnte lediglich passives Einfärben, vor allem der Beinbefiederung, beobachtet werden. Kehlbust- und Bauchbefiederung blieben hingegen rein weiß gefärbt. Im Gegensatz zu den Feststellungen Girtanners (1870) und Bertholds (1967) verbringen die Bartgeier der Station die Nacht meist in aufrecht sitzender Körperhaltung, kaum jemals liegend. Zudem wurde das Bodensubstrat der Horstplattformen sehr bald mit Nistmaterial überdeckt, sodaß auch über Nacht kein inniger Kontakt mit dem Farbstoff zustande kam.

Kraniche (*Grus grus*) färben bestimmte Gefiederbereiche (Schulterregion) aktiv mit Eisenoxid ein (Libbert, 1956, 1969). Sie benetzen mit Kopf und Schnabel die Schulterregion und übertragen durch heftiges Abrollen des Kopfes anhaftende Schlammpartikel auf das Rückengefieder. Die Rostfärbung wird dabei durch den Eisengehalt des Moorwassers verursacht.

Bei allen Bartgeiern der Vienna Breeding Unit konnte, mit Ausnahme eines greisenhaften, erblindeten Vogels, durch Angebot von eisenoxidhaltigem Sand in wäßriger Suspension und breiig-schlammiger Konsistenz ein spezifischer Verhaltensablauf ausgelöst werden, der schon nach einem Schlammbad zu dauerhafter, intensiv rostgetönter Verfärbung des Gefieders führte. Dieses Verhalten trat bei verschiedenen alten Bartgeiern beiderlei Geschlechts auf, unabhängig von der Herkunft derselben. Es färbten sich Wildfänge aus verschiedenen eurasischen Ursprungsgebieten in gleicher Weise ein wie gehegegeborene Individuen, die zuvor weder Gelegenheit hatten, dieses Verhalten bei anderen Bartgeiern zu sehen, noch es selbst zu praktizieren. Somit handelt es sich um ein angeborenes Verhalten. Auslösend für dieses sind zwei

Faktoren: die Farbe Rot und die wäßrig-breiige Konsistenz des Substrates. Jeder für sich allein vermag das Einfärbeverhalten nur nach längerer Deprivation auszulösen. In diesem Fall zeigen Bartgeier das Einfärbeverhalten auch an Ersatzobjekten, wie z. B. an rotgefärbten Blättern (*Rhus cotinus*), nassem Gras oder aufgeweichtem Erdboden.

Es erhebt sich nun die Frage, weshalb es bisher nicht gelang, dieses offensichtlich allen Bartgeiern eigene Verhalten im Freiland zu beobachten (Brown & Bruton, 1991; Heredia, mündl. Mitt.). Unseres Erachtens sind dafür zwei Gründe maßgeblich: Erstens das auffallende Sicherheitsbedürfnis beim Schlammbad, zweitens die Lokalisation geeigneter Schlammsohlen im Freiland.

Im Gehege zeigte sich, daß nur extrem vertraute Bartgeier (handaufgezogene Individuen) die Schlammsohle unmittelbar, z. T. sogar noch während der Vorbereitung, benutzen. Auch diese zahmen Tiere sicherten dabei immer wieder. Alle anderen gerieten bei Anblick der Sohlen zwar in größte Erregung (tieferer „Skleralring“, Übersprungshandlungen), begannen das objektbezogene Verhalten aber immer erst dann, wenn sie sich unbeobachtet fühlten. Daß grundsätzlich auch freilebende Bartgeier Schlammsohlen frequentieren, beweisen unsere Beobachtungen an Projektvögeln in den Hohen Tauern. Eisenoxidhaltiger Schlamm in geeigneter Konsistenz dürfte im Freiland nur sporadisch anzutreffen sein. Zieht man dabei noch das Sicherheitsbedürfnis der Bartgeier in Betracht, reduziert sich das Angebot auf einzelne Stellen der Bartgeierbiotope. Nach Gehegeerfahrungen müßten solche Suhlstellen witterungsgeschützt sein, denn der Farbstoff wird durch den Regen leicht ausgeschwemmt und verliert dadurch an Attraktivität. Sehr wahrscheinlich finden sich solche Ockertümpel am ehesten in Felshöhlungen. Eine weitere Voraussetzung, der nach innen geneigte, zumindest aber ebene Höhlenboden, könnte zu einer weiteren Beeinträchtigung der Beobachtungsmöglichkeit sich suhlender Bartgeier führen.

Im Umfeld des Rauriser Freilassungsgebietes konnten wir trotz wiederholter Bemühungen bisher keinen natürlichen Ockertümpel auffinden. An einigen Mooren (z. B. Diesbachalm, Krumlkessel) finden sich zwar Kahmhäute von Eisenhydroxid, sie führen jedoch kaum zu Rostfärbung des Wassers und sind daher für die freilebenden Bartgeier nicht attraktiv. Vereinzelt Kalkformationen (z. B. Rohmoseralm, Krumltal, Maschlalm, mit drei historischen Bartgeierbrutplätzen, Seidwinkeltal) mit reich strukturiertem Oberflächenrelief weisen z. T. tief orangerote Färbung auf. In diesen ariden Bereichen scheinen jedoch durch die Wasserdurchlässigkeit des Gesteins keine Ockertümpel bzw. Sohlen zustandezukommen. Dennoch müssen im Nahbereich des Krumltals natürliche Suhlstellen vorhanden sein, wie die Beobachtung eines frisch gesulhten Bartgeiers beweist (vgl. 3.4.3.).

Die so unterschiedliche Intensität der Rostfärbung freilebender Bartgeier, die aber auch in der Gehegepopulation der Vienna Breeding Unit festzustellen war, führte zu zahlreichen, oft widersprüchlichen Erklärungsversuchen. Überwiegend wurde das Alter der Bartgeier damit in Zusammenhang gebracht. Sehr helle Bartgeier wurden als sehr alt angesehen (Gloger, 1834; Girtanner, 1870; Hodek, 1879; Saunders, 1891; Stemmler, 1932; Niethammer, 1938; Berndt & Meise, 1962). Umgekehrt vermuten wieder andere Autoren, die Intensität der Färbung steigere sich im Alter (von Erlanger, 1904; Schiebel, 1926). Nach Berthold (1967) ist die Intensität der Rostfärbung dagegen altersunabhängig und eine Funktion des jeweiligen Angebots an Eisenoxid im Biotop. Berthold weist

auch nach, daß der Abnutzungsgrad der Federn die Haftfähigkeit und damit Färbintensität beeinflußt.

An 33 Gehegebartgeiern konnte, abgesehen von individuellen Variationen in allen Altersstufen (juvenil, immatur, subadult, adult, senil), eine Beziehung zum Alter der Bartgeier festgestellt werden. Mit zunehmendem Lebensalter steigert sich die Intensität der Rostfärbung (vgl. Tab. 2 und Abb. 6): 83,3% der juvenilen Bartgeier waren lediglich in Spuren oder geringgradig eingefärbt (Stufe 2–3), 90% der immaturen gering- bis mittelgradig (Stufe 3–4), rund 78% der subadulten Individuen mittelgradig (Stufe 4). Lediglich in der Altersgruppe der Adulten wurde die höchste Farbintensität (Stufe 5) erreicht (43%). Nicht einbezogen ist dabei ein einzelner, seniler Bartgeier, der aufgrund einer Erblindung ungefärbt blieb.

In geringerem Ausmaß waren auch geschlechtsspezifische Unterschiede hinsichtlich der Färbintensität nachweisbar (Tab. 3): Mittel- bis hochgradig (Stufe 4–5) waren die Männchen zu 60% eingefärbt, die Weibchen hingegen zu 78%. Geringgradige Färbung erreichten 28% der Männchen, Weibchen nur zu 17%. Bei knapp 5% der Weibchen war der Farbstoff nur in Spuren nachweisbar (Stufe 2), bei Männchen dagegen in 11% der Fälle.

Hinsichtlich der Herkunft der untersuchten Bartgeier (Tab. 4) läßt sich lediglich festhalten, daß das Einfärbverhalten sowohl bei allen Wildfängen als auch bei allen gehegegeborenen Bartgeiern nachzuweisen war. Unterschiede in der Intensität des Suhlsgebrauchs lassen sich jedoch aufgrund der unterschiedlichen Altersverteilung (Wildfänge durchwegs adult) nicht beurteilen. Berthold (1967) fand Zusammenhänge zwischen dem Abnutzungsgrad der Federn und der Quantität anhaftender Farbstoffe. Auch Keller (1886) erwähnt den auffallenden Grad der Abnutzung des Gefieders erlegter Bartgeier und führt diesen Umstand auf Sandbäder zurück. Aufgrund seiner Studien kommt Berthold (1967) zum Schluß, daß zunehmende Abnutzung der Federn sowohl durch die gröbere Federstruktur als auch durch die rauhere Federoberfläche im elektronenmikroskopischen Bereich die Anlagerung von Eisenoxid günstig beeinflußt. Ursache und Wirkung werden von beiden Autoren also unterschiedlich gesehen.

Einzelne Bartgeier der Vienna Breeding Unit (insbesondere das adulte Weibchen BG 15) nahmen derart häufig Schlamm-bäder, daß dadurch erhebliche Gefiederdefekte der Kehl- und vor allem Brustfedern verursacht wurden. Wir neigen daher zur Ansicht, daß der außergewöhnliche Verschleiß der Bartgeierfedern mit dem Einfärbverhalten ursächlich in Verbindung steht, wobei sich durch das Aufrauhern der Federn Rostfarbstoffe immer besser anlagern können. Unsere Beobachtungen stehen in Widerspruch zur Hypothese von Brown & Bruton (1991), die annehmen, daß die kappenartig den Federenden anhaftenden Farbstoffpartikel die Federn vor weiterem Verschleiß schützen.

Wie eingangs erwähnt, bildet die Farbe Rot einen der beiden Auslöser für das Einfärbverhalten der Bartgeier. In sämtlichen Wahlversuchen mit Erdschlamm, Moorschlamm und andersfarbigen Schlamm-suspensionen testeten Bartgeier (n = 12) ausnahmslos die eisenoxidhaltige Größiger Schlamm-suspension.

Rosner (1992) kommt nach Studien an Bartgeierfedern (Freiland und Vienna Breeding Unit) zur Ansicht, daß die Ursache des Gefiederfärbens des Bartgeiers auf die Eigenschaften der in den Suhlen vorhandenen Tonminerale und nicht auf das Eisenoxid zurückzuführen ist. So konnte er mittels Röntgen-Diffractometer-Analyse

an einer der untersuchten Federn Partikel nachweisen, deren Oberflächenstruktur große Ähnlichkeit mit elektronenmikroskopischen Aufnahmen von Montmorillonit, einem Tonmineral, aufweisen. Seinen Ausführungen nach findet sich Montmorillonit vorwiegend in Al-, Ca- und Mg-reichen Zusammensetzungen, nur selten als Fe-reiches Tonmineral, wobei Fe das Al substituiert. Weshalb Bartgeier dann ausschließlich rotgefärbte Suhlen aufsuchen, bleibt durch diese Hypothese ungeklärt, wenn nicht das Eisenoxid, sondern die Tonminerale den Grund für das Suhlen darstellen. Bartgeier geraten beim Anblick der Farbe Rot in heftige Erregung, wie unschwer an den feuerrot aufleuchtenden „Skleralringen“ festzustellen ist. Bereits von Tschudi (1861) erwähnt, daß die Bergbewohner behaupten, die rote Farbe habe eine besondere Anziehungskraft für diesen (Bart)Geier, und „beizen denselben gern mit Rindsblut auf den Schnee, um sie vor den Schuß zu bringen“. Auch Keller (1886) hebt die Bedeutung dieser Jagdmethode bei Schneelage hervor.

Wie Schwärzler (1990) zeigen konnte, korreliert die Heftigkeit der Reaktion mit der Intensität des Farbstoffs. Maximale Reaktionen erfolgten auf erdbeerroten Farbtönung. Ihre Ergebnisse stimmen sehr gut mit den Beobachtungen an Bartgeiern der Vienna Breeding Unit überein, wo Zusammenhänge zwischen der Frequenz der Suhlenbenützung und der Farbstoffkonzentration festzustellen waren (vgl. 3.7.).

Brown & Bruton (1991) stellten eine signifikant größere Anzahl schwächer gefärbter Bartgeier (freilebende Population der Drakensberge) nach Regenperioden fest, im Gegensatz zu intensiv gefärbten nach Trockenperioden. Nach unseren Volierenbeobachtungen verlieren Ockersuhlen nach dem Eintrocknen und der damit verbundenen Farbeinbuße ihren Anreiz, ebenso jedoch durch Regen (Ausschwemmung des Farbstoffs). Die von den Autoren beobachteten Farbveränderungen sind unseres Erachtens nicht auf Auswaschen der Farbe aus dem Gefieder zurückzuführen, was nach unseren Beobachtungen selbst nach intensiven Bädern zu keinen Farbverlusten führt, sondern auf die durch Regen- bzw. Sickerwasser und Trockenperioden beeinflusste Farbkonzentration und Konsistenz der Ockertümpel.

Im Gegensatz zum Einfärben des eigenen Gefieders scheint die Farbstoffübertragung auf Gelege oder Nestlinge ausschließlich ein zufällig-passiver Vorgang zu sein. Nach längeren Frostperioden und dem damit verknüpften Entzug der Suhlmöglichkeit besteht offensichtlich gesteigerte Appetenz zum Einfärben, weshalb bei den ersten Tauwetterperioden die Suhlen sehr gerne frequentiert werden (vgl. 3.2. und die Ausführungen Zollikofers, 1890). Dadurch steigert sich die Wahrscheinlichkeit einer Farbstoffübertragung, die ausschließlich bei noch feuchtem Gefieder zustandekommt.

Als rein spekulativ müssen unseres Erachtens auch weiterhin alle Betrachtungen zur Funktion des Federbartes beim Einfärbvorgang angesehen werden. Während der den Suhlvorgang beendenden Gefiederpflege dringen die mit Schlamm behafteten Borstenfedern des Bartes zwar in das Federkleid, doch scheint der Bewegungsablauf und Kontakt zufällig mit dem Putzvorgang einherzugehen. Es entstand nie der Eindruck einer gezielten Anwendung. Dagegen wurden gehäuft vor und während eines Schlambades Schnabel und Bart äußerst heftig eingesetzt, wodurch bereits sedimentierter Schlamm aufgewirbelt wurde.

Der Nachweis, daß der intensiven Eisenoxidfärbung des Bartgeiers eine spezifische Verhaltensweise zugrunde liegt, macht die Frage nach dem Wozu umso interessanter. Alle bisherigen Erklärungsversuche sind wenig zufriedenstellend. Eine Schutz-

funktion durch Tarnung, wie sie Berthold (1967) im Zusammenhang mit Rostfärbung anderer Vogelarten diskutiert und die von Brown & Bruton (1991) auch für den Bartgeier angenommen wird, halten wir für äußerst unwahrscheinlich. Auch ungefärbte, in Felswänden ruhende Bartgeier sind nach unseren Erfahrungen äußerst schwer zu entdecken. Die helle Unterseite ist regelmäßig zur Felswand gerichtet oder beim brütenden Vogel durch Nistmaterial abgedeckt. Letztlich erhebt sich auch die Frage, vor wem sich ein Bartgeier tarnen müßte. Vielmehr entstand bei uns der Eindruck, daß die prächtig gefärbte Keh- und Brustbefiederung Signalcharakter haben könnte. Sie wird bei intraspezifischen Auseinandersetzungen gesträubt und dem angedrohten Vogel präsentiert, wobei der Kopf seitlich gehalten und mit ruckartigen Bewegungen in den Nacken gezogen wird. Aber auch bei Kontakten zwischen verpaarten Individuen werden diese Federpartien durch Sträuben optisch betont.

Die Annahme Browns & Brutons (1991), das Einfärben sei als Schutz vor Verschleiß anzusehen, ist nach den Beobachtungen an den Bartgeiern der Vienna Breeding Unit nicht aufrecht zu erhalten, da eher das Gegenteil dadurch bewirkt wird. Rosner (1992) diskutiert eine theoretische Funktion der Rostfärbung in Zusammenhang mit der elektrischen Ladung des Federkleides, wofür es jedoch bisher keine Anhaltspunkte gibt. Brown & Bruton (1991) ziehen weiters eine Abwehr gegen Ektoparasiten in Betracht. Eine Reihe von Mallophagenarten (*Laemobothrion titan*, *Neocolpocephalum flavescens*, *Degeeriella euzonia*, *Falcolipeurus quadripustulatus*) wurden beim Bartgeier beschrieben und können bei Haltung in Gefangenschaft massiv auftreten (z. B. von Tschudi, 1861). Unzählige Faktoren mangelhafter Haltungsbedingungen oder Primärerkrankungen können dafür verantwortlich sein, theoretisch jedoch auch der Entzug einer Suhlmöglichkeit. Erste Versuche zur Wirkung eisenoxidhaltiger Schlamm suspensionen auf Turmfalkenmallophagen bestätigen zwar einen unmittelbaren Effekt, dieser konnte jedoch auch mit reinem Wasser erzielt werden. Ein Einfluß auf die Mallophagenpopulation wäre über zwei Mechanismen denkbar:

1. in trockenem Zustand als „Schutzschicht“, wodurch der Federverzehr durch Mallophagen behindert wäre, oder
2. in flüssigem Zustand durch Penetration des Eisenoxids in die Tracheen der Mallophagen, wo es sich festsetzt und zur Erstickung führt (vgl. dazu auch die Verteilung von Eisenoxid in kanälchenartigen Strukturen von Anatidenfedern, Berthold, 1967).

Zuletzt sei noch die Hypothese Rosners (1992) angeführt, der thermoregulative Effekte durch Tonminerale als Ursache des Gefiederfärbens der Bartgeier ansieht. Montmorillonite sind besonders quellfähige Tone. Der Tau bzw. die hohe Luftfeuchtigkeit der Nacht wird seiner Meinung nach dadurch in den Federn gespeichert. Durch langsame Verdunstung dieses Wassers tagsüber wird für eine erhöhte Luftfeuchtigkeit im Gefieder gesorgt. Montmorillonite würden dadurch dem Bartgeier als Kühlung dienen. In Anbetracht des Lebensraumes, der Lebensweise, des Verhaltens und des als Kälteanpassung aufzufassenden dichten, wolligen „Pelz“dunenkleides des Bartgeiers eine für uns nicht nachvollziehbare Erklärung.

## 5. Zusammenfassung

Zwischen 1987 und 1992 wurden an 33 Gehegebartgeiern und 12 in den Hohen Tauern bei Rauris, Salzburg, freigelassenen Individuen Untersuchungen zur Genese der Haftfarbe (Eisenoxid) durchgeführt. Die Versuche wurden mit natürlichem, eisenoxidhaltigem (-3%) Sand aus einem Steinbruch bei Grödig (Salzburg) durchgeführt, sowie mit verschiedenfarbigen Sandsuspensionen. In allen Versuchsanordnungen benützten die Bartgeier ausschließlich die eisenoxidhaltige Suhle mit roter Farbe. Neben dem bereits bekannten passiven Färbevergange konnte ein allen untersuchten Bartgeiern eigenes spezifisches Einfärbeverhalten festgestellt und detailliert beschrieben werden. Dieses Verhalten wird in Schlamm-bädern ausgeübt, wobei als spezifischer zusätzlicher Auslöser die Farbe Rot in Erscheinung tritt. Aktives Einfärben trat sowohl bei Gehegebartgeiern als auch bei freilebenden Tieren auf. Bereits ein Färbevergange, der bis zu einer Stunde dauern kann, verursacht die typische tiefrostrote Färbung des Bartgeiers. Die Intensität der Färbung ist mit dem Alter der Bartgeier korreliert. Adulte Individuen färben sich am stärksten ein, juvenile am schwächsten. Völlig ungefärbt blieb ein seniler, völlig erblindeter Vogel. Bei den untersuchten Weibchen war die Farbintensität insgesamt etwas höher als bei den Männchen.

## Summary

### Remarks on the genesis of colouration in Bearded Vultures (*Gypaetus barbatus*)

From 1987 to 1992, 33 caged Bearded Vultures as well as 12 in Austria (Hohe Tauern, Salzburg) released ones were investigated to see the genesis of the rufous plumage due to iron compounds of soil. The tests were conducted with iron soils, collected in Grödig (Salzburg), as well as damp soils of different colours. Beside passive colouration, a species specific behavioural display could be demonstrated in all 45 birds. Colouration took place via bathing in damp soil. Red colour turned out to be a powerful releaser. One bath in red damp soil, which can last for 1 hour, leads to the characteristic deep rufous plumage of wild Bearded Vultures. The intensity of plumage colour turned out to be correlated with the age of the birds. Adult individuals tended to be coloured most intensively whereas juveniles the less. Only one senile, blind bird developed pure white plumage. Colouration of females tended to be slightly more intensive than that of males. Caged individuals as well as released birds showed active colouration behaviour.

## Literatur

- Berthold, P. (1967): Über Haftfarben bei Vögeln: Rostfärbung durch Eisenoxid beim Bartgeier (*Gypaetus barbatus*) und bei anderen Arten. Zool. Jb. Syst. 93, 507-595.  
 Berndt, R. & F. Meise (1962): Naturgeschichte der Vögel. Stuttgart.  
 Brown, J. C. & A. G. Bruton (1991): Plumage colour and Feather structure of the Bearded vulture (*Gypaetus barbatus*). J. Zool. 223, 627-640.  
 Clancey, P. A. (1963): Some observations on the Ventral Colouring of the Lammergeier. Ostrich 34, 112.  
 Clancey, P. A. (1964): The birds of the Natal and Zululand. Edinburgh and London.  
 Erlanger, C. von (1904): Beiträge zur Vogelfauna Nordostafrikas. J. Orn. 52, 137-244.

- Frey, H. (1992): Die Wiedereinbürgerung des Bartgeiers (*Gypaetus barbatus*) in den Alpen. *Egretta* 35, 84–95.
- Girtanner, A. (1870): Beitrag zur Naturgeschichte des Bartgeier der Centralalpenkette (*Gypaetus alpinus* Alpen-Bartgeier). *Verh. St. Gallische Naturwiss. Ges.*
- Gloger, C. W. L. (1834): Vollständiges Handbuch der Naturgeschichte der Vögel Europas. Breslau. Zit. in Berthold, P. (1967): *Zool. Jb. Syst.* 93, 507–595.
- Gloger, C. W. L. (1862): Literarische Berichte. W. Meves. Die röthliche Färbung bei *Gypaetus barbatus*. *J. Orn.* 10, 128–132.
- Hartert, E. (1912/1921): Die Vögel der Palaearktischen Fauna. Berlin.
- Heredia, R. & B. Heredia (1991): El Querabrantahuesos (*Gypaetus barbatus*) en los Pireneos. ICONA, 1991.
- Hodek, E. (1879): Lämmergeier (*Gypaetus barbatus* Cuv.) in Österreich-Ungarn erlegt. *Mitt. Orn. Ver. Wien* 2, 1–15.
- Hodek, E. (1883): Zur Frage über den Eisengehalt im Gefieder des Bartgeiers. *Mitt. Orn. Ver. Wien* 7, 65–66.
- Homeyer, E. F. von (1883a): Zur Frage über den Eisengehalt im Gefieder des Bartgeiers. *Mitt. Orn. Ver. Wien* 7, 51–52.
- Homeyer, E. F. von (1883b): Die Rost-Färbung des Geieradlers. *Mitt. Orn. Ver. Wien* 7, 67.
- Houston, D. C., A. Hall & H. Frey (im Druck): The characteristics of the cosmetic soils used by Bearded Vultures *Gypaetus Barbatus*. *Brit. Orn. Club.*
- Hume, A. (1869): My scrap book. Calcutta. Zit. in Berthold, P. (1967): *Zool. Jb. Syst.* 93, 507–595.
- Kamner, A. (1922/1924): Der Bartgeier (*Gypaetus barbatus* L.). *Verh. Mitt. Siebenbürg. Ver. Naturwiss. Hermannstadt* 72–74, 170–193.
- Kamner, A. (1928): Über den Bartgeier *Gypaetus barbatus grandis* STORR. *Verh. Mitt. Siebenbürg. Ver. Naturwiss. Hermannstadt* 78, 1–10.
- Keller, F. C. (1886): Der Bartgeier (*Gypaetus barbatus* Brisson). Monographische Studie. Separatum aus Raoul von Dombrowski's „Allgemeiner Encyclopädie der gesammten Forst- und Jagdwissenschaften“. Wien und Leipzig.
- Libbert, W. (1956): Beobachtungen an einem Sammelplatz der Kraniche. *Beitr. Vogelkd.* 4, 293–298.
- Libbert, W. (1969): Über das Verhalten der Kraniche auf Rast und Sammelplätzen. *Beitr. Vogelkd.* 14, 388–405.
- Niethammer, G. (1938): *Handbuch der deutschen Vogelkunde*. Leipzig.
- Nitzsch, C. L. (1840): *Das System der Pterylographie*. Halle.
- Reiser, O. (1892): Hauptbericht der 2. Intern. Congr. Budapest. *Sitzungsbericht.*
- Rosner, A. (1992): Über die Rostfärbung des Bartgeiers *Gypaetus barbatus* L. und sein Schlambadeverhalten. Diplomarbeit, Naturwiss. Fakultät. Univ. Wien.
- Saunders, H. (1891): Notes on Birds observed in Switzerland, chiefly in the Cantons of Vaud and Nauchatel. *Ibis* 6, 157–188.
- Schiebel, G. (1926): Ornithologische Briefe aus Kreta. *Orn. Monatsber.* 34, 176–179.
- Schwärzler, G. (1990): Verhaltensbeobachtungen am Bartgeier (*Gypaetus barbatus*) mit Schwerpunkt Färbeverhalten. Fachbereicharbeit Biologie. Bundesgymnasium Gallusstr. Bregenz.
- Stemmler, C. (1932): *Die Adler der Schweiz*. Zürich, Leipzig.
- Tschudi, F. von (1861): *Das Thierleben der Alpenwelt*. Leipzig.
- Völker, O. (1938): Ein eigenartiges Prinzip der Federpigmentierung. *Orn. Mber.* 46, 107–110.
- Zollikofer, E. (1890): „Rostfärbung“ bei *Gypaetus barbatus* in Gefangenschaft. *Mitt. Orn. Ver. Wien*, „Die Schwalbe“ 14, 295–297, 310–312.

Anschriften der Verfasser:

Dr. H. Frey,  
Institut für Parasitologie und Zoologie,  
Veterinärmedizinische Universität Wien,  
Linke Bahngasse 11, A-1030 Wien

Maria Roth-Callies,  
WWF-Rauris,  
Oberer Sonnbergweg 22, A-5661 Rauris

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Egretta](#)

Jahr/Year: 1994

Band/Volume: [37\\_1](#)

Autor(en)/Author(s): Frey Hans, Roth-Callies Nina

Artikel/Article: [Zur Genese der Haftfarbe \(Rostfärbung durch Eisenoxid beim Bartgeier, \*Gypaetus barbatus\*. 1-22](#)