

Die Thermikabhängigkeit des Bartgeiers *Gypaetus barbatus* als mögliche Mitursache für sein Aussterben in den Alpen

Dargestellt anhand vergleichender Beobachtungen an Schneegeier *Gyps himalayensis*, Bartgeier und Steinadler *Aquila chrysaetos* im Himalaya

Heinrich Haller

Beim Steinadler in den Alpen zeigte sich eine in diesem Ausmaß nicht erwartete Abhängigkeit von thermischen Aufwinden (Haller 1982). In den Territorien der Brutvögel sind Sonnenhänge ein wichtiges Strukturelement. Die von Aas lebenden, auf großräumigen Suchflug angewiesenen unverpaarten Adler sind im Winter sogar weitgehend auf relativ thermikreiche Lebensräume beschränkt: einerseits fliegen sie entlang von Längstälern (durchgehender Sonnenhang), andererseits verlagern sie sich in südliche Alpentale. Es stellte sich die Frage, ob das Vorkommen von Geiern in gemäßigten Breiten durch die Thermikbedingungen limitiert werden könnte. Dieser Aspekt ist insbesondere im Zusammenhang mit dem Verschwinden des Bartgeiers in den Alpen und beim Bestreben seiner Wiedereinbürgerung bisher nicht diskutiert worden. Ein Vergleich der Aktivitäten von Schneegeier, Bartgeier und Steinadler im Himalaya sollte weitere Informationen zur relativen Thermikabhängigkeit liefern und zusammen mit historischen Daten über die Lebensverhältnisse des Alpenbartgeiers die Ursachen für sein Aussterben neu beleuchten.

1. Untersuchungsgebiet und Datenerhebung

Untersuchungsgebiet war die gekammerte Talschaft Khumbu in Ostnepal, welche auf 28° N liegt und die südliche Abdachung des Himalaya-Hauptkammes im Bereich Mt. Everest (8848 m ü.M.) bildet. Das kon-

trollierte Gelände deckt sich zum größten Teil mit dem 1976 gegründeten, gut 1200 km² umfassenden, stark vergletscherten Saggarmatha Nationalpark. Die Reliefenergie des Gebietes zählt zu den größten der Erde und ist vor allem im Durchbruchstal gegen den Südrand des Gebirges beeindruckend. Die oberen Talkammern sind Hochtäler mit einer Sohlenhöhe von 4000–5000 m ü.M., die zum Teil die Zungen von Talgletschern tragen. Das Klima ist monsunal, in den Hochtälern trocken. Während unserer Reise war das Wetter mit einer Ausnahme jeden Morgen strahlend, doch am frühen Nachmittag drangen mit derselben Regelmäßigkeit dichte Nebelschichten vom Gebirgsrand her in den Khumbu ein. Besonders in steilen Hanglagen stocken Wälder bis auf eine Höhe von gut 4000 m ü.M.; darüber erstrecken sich ausgedehnte Alpinareale, die vor allem als Yakweiden genutzt werden. Die Kultur von Gerste und Kartoffeln reicht an Gunststandorten bis 4400 m.

Für die räumliche Zuordnung der Greifvogelbeobachtungen wurde der Khumbu in drei Talabschnitte eingeteilt (vgl. Abb. 1): Vordere Lagen (Lukla bis Phortse/Tengpoche bzw. Thame Og; Flußniveau 2300–3500 m ü.M., Koniferen-Eichenwald), mittlere Lagen (Raum zwischen Phortse und Machhermo/Na einerseits bzw. Pheriche/Dingpoche andererseits; Flußniveau 3500–4200 m ü.M., subalpiner, v.a. an der Waldgrenze aufgelockerter Wald), hintere Lagen (von Machhermo/Na bzw. Pheriche/Dingpoche an aufwärts; Flußniveau oberhalb 4200 m ü.M., alpines Gelände).

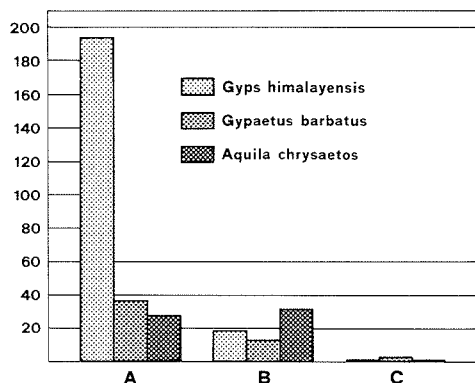


Abb. 1. Anzahl Kontakte mit Schneegeiern, Bartgeiern und Steinadlern im vorderen (A; 6 Beobachtungstage), mittleren (B; 6 Beobachtungstage) und hinteren (C; 9 Beobachtungstage) Talabschnitt des Khumbu. – Number of observation units of Himalayan Griffons, Lammergeiers and Golden Eagles in the front part (A; 6 observation days), middle part (B; 6 observation days) and in the rear part (C; 9 observation days) of the Khumbu.

Zur Zeit unseres Aufenthaltes war das Nahrungsangebot im Khumbu für Geier offenbar recht gering. Wildpaarhufer sind selten; einzig der Tahr *Hemitragus jemlahicus* wurde lokal in größeren Gruppen beobachtet. Verschiedene Formen des Hausyaks, welche besonders entlang der Haupt-Trekkingrouten bis 5000 m ü.M. anzutreffen waren, dürften die Nahrungsgrundlage bilden. Für den Steinadler bieten sich durch das Vorkommen verschiedener Hühnerarten gute Ernährungsbedingungen; vor allem der 2 kg schwere Glanzfasan *Lophophorus impejanus* ist im Bereich der Waldgrenze zahlreich vertreten.

Im Verlauf eines 21tägigen Aufenthaltes im Khumbu (4.–24. November 1980; Trekking von Lukla bis Thame Og, sowie bis 3 km nördlich Gokyo, bis Kala Pattar und Pareshaya Gyab) wurden von sämtlichen festgestellten Individuen von Schneegeiern, Bartgeiern und Steinadlern Zeit (Nepal-Zeit) sowie nach Möglichkeit Ort (Exposition) und Aktivität notiert. Die Dauer der Beobachtung wurde im allgemeinen nicht erfaßt; die Kontakte hielten

selten länger als 3 min an. Intermediäre bzw. im Moment der Beobachtung wechselnde Exposition oder Aktivität wurde auf die festgelegten Klassen aufgeteilt. Am Boden bzw. auf Warten sitzende Vögel waren im (dem Beobachter bisher nicht vertrauten) Gelände weniger leicht zu entdecken als die fliegenden Exemplare, konnten aber zum Teil längerdauernd überwacht werden. Bei ständigem Kontakt mit demselben Individuum erfolgte alle 15 min eine neue (momentane) Datenaufnahme. Insgesamt konnten 215 Kontakte des Schneegeiers registriert werden; lediglich 2 Beobachtungen (1%) erstreckten sich über mehr als 15, jedoch keine über 30 min. Beim Bartgeier ergaben sich 53 Kontakte, wobei keiner bis 15 min andauerte. Von insgesamt 61 Steinadlerkontakten gründen 29 (48%) auf wiederholte Datenerhebung infolge anhaltender Beobachtungsmöglichkeit.

2. Ergebnisse

2.1. Räumliche Verteilung

Im Vergleich zu den Sommerbeobachtungen von Diesselhorst (1968) wurden die Großgreifvögel in tieferen Lagen angetroffen. Schon zwischen Lukla und dem Zusammenfluß von Nangpo Tsangpo und Imja Drangka konnten alle drei Arten beobachtet werden, besonders regelmäßig Schneegeier. Das bevorzugte Gelände schien der Gürtel zwischen 3000 und 4500 m ü.M. zu sein. Im gänzlich alpinen Gebiet ergaben sich nur wenige Beobachtungen, im Bereich der großen Gletscherzungen (5000 m ü.M.) konnten Bartgeier und Steinadler nur einmal gesehen werden; als Einzelbeobachtung stellte J. Kindschi am 20. November einen Schneegeier auf etwa 6200 m ü.M. über dem Gipfel des Island Peak fest. Die durchschnittliche Anzahl Kontakte pro Tag betrug im vorderen, mittleren und hinteren Talabschnitt (6, 6 und 9 Beobachtungstage) beim Schneegeier 32,3, 3,2 bzw. 0,1; beim Bartgeier 6,2, 2,2 bzw. 0,3; beim Steinadler 4,7, 5,3 bzw. 0,1 (vgl. Abb. 1). Während Bartgeier ausschließlich allein ge-

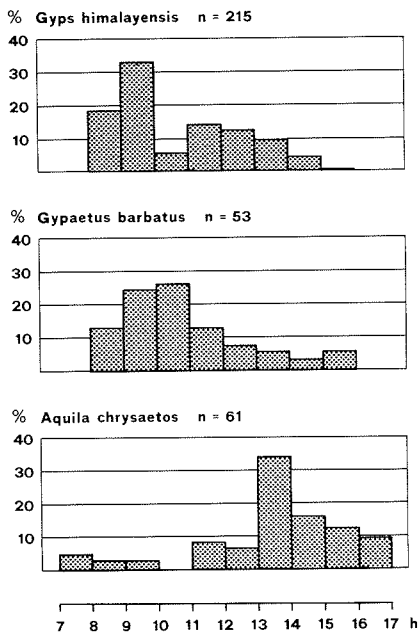


Abb. 2. Relative Verteilung der Sichtkontakte im Tagesablauf (Nepal-Zeit) bei den drei Arten. – *Activity patterns of the three species: Percentage distribution of observation units during the day.*

sehen wurden, traten Steinadler oft paarweise (einmal zu dritt, offenbar im Familienverband) auf; beim Schneegeier konnten bis zu 8 Exemplare im gemeinsamen Flug beobachtet werden.

Brutplätze (und Nachteinstände) von Schneegeiern fanden sich mehrere im Be-

reich der Schlucht des Imja Drangka zwischen Taog und Phortse in Höhenlagen von etwa 2900–3600 m ü.M.; die Zahl der regelmäßig im Khumbu sich aufhaltenden Schneegeier ließ sich indessen nicht schätzen. Im Nationalpark leben vermutlich zwei Paare Bartgeier, eines im Bereich Namche Bazar, das andere im Tal des Imja Khola mit einem Brutplatz an der Baumgrenze auf etwa 3950 m ü.M. 1 km westlich von Pangpoche. Steinadler gibt es innerhalb der Parkgrenzen zwei (evtl. drei) Paare, eines im Nangpo Tsangpo-Tal mit einem höchstwahrscheinlich dieser Art zuzuschreibenden Horst auf gut 3400 m ü.M. gegenüber Gonglha, ein zweites im Raum Phortse mit mindestens einem Brutplatz nahe des Dorfes in der Schlucht des Dudh Kosi auf etwa 3600 m ü.M. Ein weiteres Paar ist offenbar südlich der Nationalparkgrenze, in der Region Pharak ansässig.

2.2. Aktivität

Der *Tagesgang* (Abb. 2) verlief beim Schnee- und Bartgeier ähnlich und umfaßte 7–8 Stunden, wobei 72% bzw. 77% der Kontakte am Vormittag (08.00–12.00 h; besonders intensive Sonnenbestrahlung) registriert wurden. Steinadler konnten zwischen 07.00 und 17.00 h beobachtet werden, 74% der Aktivität fand am Nachmittag statt (13.00–17.00 h; Hauptaktivitätsperiode des Glanzfasans).

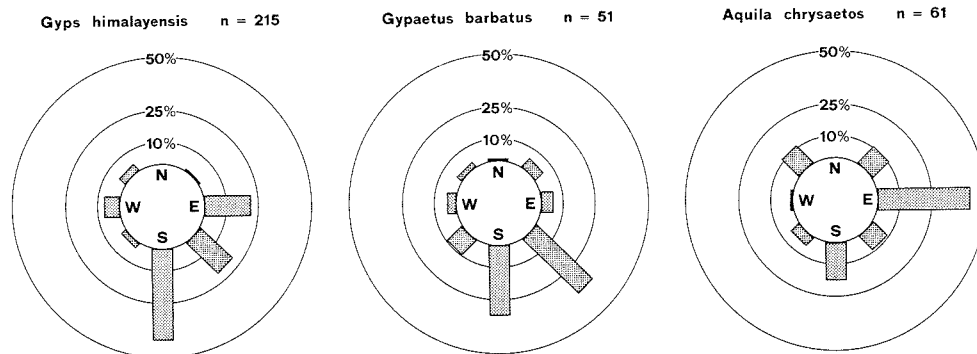


Abb. 3. Relative Verteilung der Sichtkontakte nach Expositionen. – *Distribution of observation units according to exposures, calculated as percentages.*

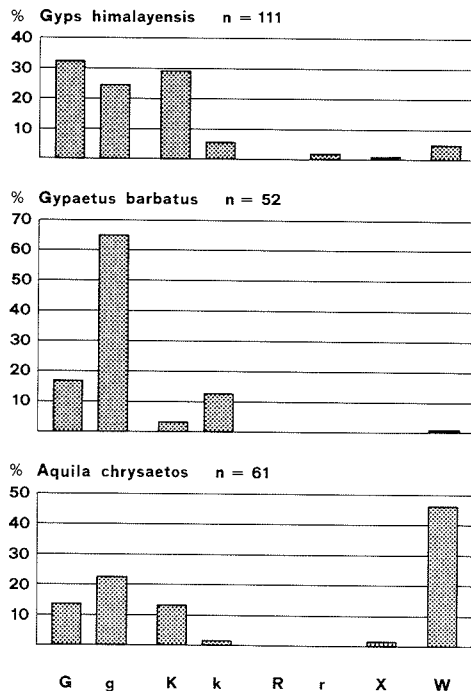


Abb. 4. Anteile der verschiedenen Aktivitätsformen: G, g = Gleitfliegen (im freien Luftraum = G; bodennah, < 50 m über Erdoberfläche = g); K, k = Kreisen; R, r = Ruderfliegen; X = andere Flugaktivität; W = Sitzen auf Warten. – *Frequency of the different activities in percent: G, g = gliding (high in the air = G; 50 m over the ground = g); K, k = circling; R, r = flapping; X = another flight activity; W = sitting on perches.*

Die Ähnlichkeit der beiden Geier zeigt sich auch in der Verteilung der Kontakte nach der *Exposition* (Abb. 3): Schneegeier hielten sich zu 86%, Bartgeier zu 78% an den am stärksten besonnten S-, SE- und E-Hängen auf. Die Steinadler zeigten keine Bevorzugung der Südexpositionen (der große E-Hang-Anteil ist durch das geringe Beobachtungsmaterial bedingt).

Die Analyse der *Aktivitätsformen* (Abb. 4) brachte beim Schneegeier den Wechsel zwischen Aufkreisen in Thermikschläuchen (29%) und Gleiten (im freien Luftraum 32%, bodennah 25%) zum Ausdruck. Beim Bartgeier dominierte das typi-

sche bodennahe Gleiten entlang der Hänge (65%), wogegen Kreisen im freien Luftraum fast nicht vorkam (4%). Im Gegensatz zu den Geiern, die am Boden nur selten (Schneegeier: 5% aller Kontakte außerhalb des Nachtzustandes) bzw. so gut wie nicht (Bartgeier: 1%) festgestellt werden konnten, war beim Steinadler das Sitzen auf Warten die häufigste Aktivitätsform (46%).

3. Diskussion

3.1. Thermikabhängigkeit der drei Arten im Himalaya

Trotz geringem Datenmaterial sind zwischen den Geiern einerseits und dem Steinadler andererseits Unterschiede offenkundig. Die von toten Tieren lebenden Schnee- und Bartgeier sind streng auf den Suchflug angewiesen und nutzen so gut wie ausschließlich Tageszeiten und Expositionen mit optimaler Thermik. Der gesellige, auf die Nutzung der immer nur vereinzelt vorhandenen Großtierkadaver spezialisierte Schneegeier ist mit seinem Körpergewicht und den breiten brettförmigen Flügeln (Abb. 5) ein zwar schwerfälliger, aber weitreichender (schneller) Flieger, der an den besten Aufwindplätzen (Thermikschläuche) hoch aufkreist und die dazwischenliegenden Strecken im Gleitflug überbrückt.

Der leichtere Bartgeier ist mit seinen langen, schmalen, eine relativ geringe Flächenbelastung aufweisenden Flügeln (Abb. 5) ein ausgeprägter, auch zum Langsamflug befähigter Gleiter. Meist einzeln oder paarweise von verhältnismäßig kleinen, kontinuierlich verteilten Nahrungsstücken (Knochen) lebend, ist er darauf angewiesen, in Bodennähe möglichst permanent im Aufwindkontakt zu sein. Im Gegensatz zum Schneegeier (und den meisten anderen großen Geierformen) ist der Bartgeier weniger von den kräftigen und hoch aufsteigenden (aber auf eine relativ kleine Grundfläche beschränkten) Strömungen abhängig, sondern nutzt mit seinen Gleiteigenschaften bzw. der durch die Flügelhal-

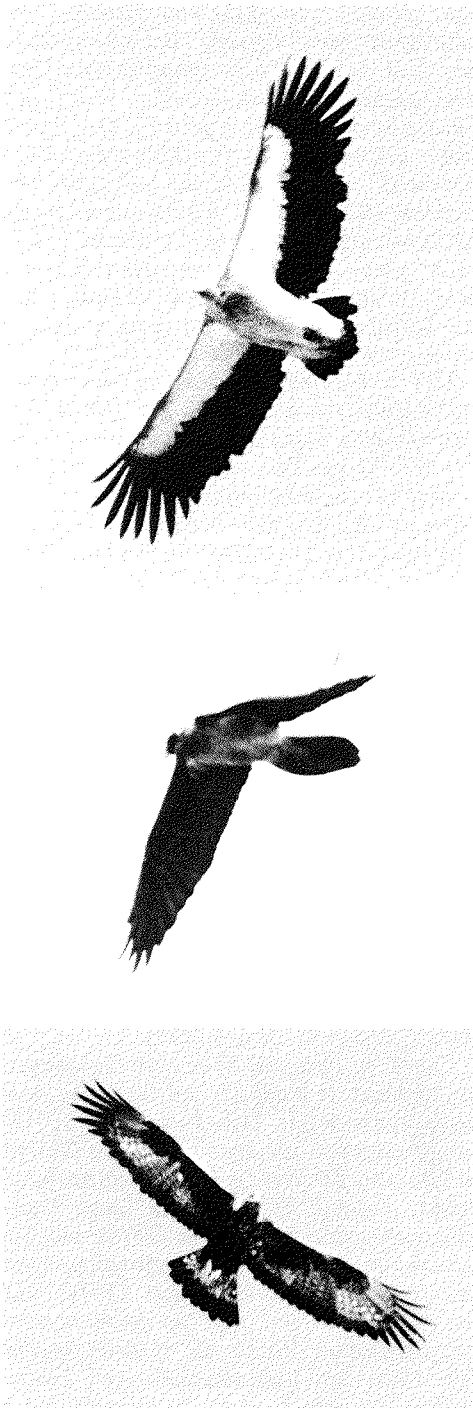


Abb. 5. Oben Schneegeier (ad., Khumbu, November 1980), in der Mitte Bartgeier (ad., Zaragoza/Navarra, April 1979), unten Steinadler (ad., Unterengadin, Februar 1980). – *Himalayan Griffon* (top), *Lammergeier* (middle) and *Golden Eagle* (bottom).

tion und den enorm langen Schwanz gegebenen Manövrierfähigkeit die weniger starken, aber flächig an den Hängen aufsteigenden Winde. Die strenge Bevorzugung süd- und südöstlicher Expositionen weist auf die Bedeutung der thermischen Komponente hin, welche bei diesen weniger augenfälligen Strömungen leicht unterschlagen wird (vgl. Hiraldo, Delibes & Calderon 1979). Der Bartgeier ist als Hangaufwindgleiter auf strahlungsreiche, schneearme (geringe Albedo¹) Gebirge spezialisiert. Die vielbewunderte Leichtigkeit seines bis 10 Stunden andauernden Fluges (Fuyun & Ruoli 1980) begründet eine Ernährungsstrategie, welche einem dünnen Nahrungsangebot angepaßt ist (vgl. Baumgart & Fischer 1978). Dadurch und infolge der Vorliebe für Knochenahrung wird die Konkurrenz gegenüber anderen Aas- und Abfallverwertern (denen der Bartgeier in direkter Konfrontation unterlegen wäre) minimiert.

Verpaarte Steinadler (auf die sich 97% der Adlerdaten beziehen) sind als territoriale Beutegreifer, die oft vom Anstand aus jagen, weit weniger auf den Suchflug angewiesen als die Geier. Das Verhältnis «Fliegen zu Bodenaufenthalt» ist aus methodischen Gründen nicht objektiv und kann nur den grundsätzlichen Unterschied zwischen Geiern und verpaarten Adlern zum Ausdruck bringen. Bei andauernder Möglichkeit der Direktbeobachtung (gut zu überwachendes und vertrautes Gelände) ist der Anteil des Bodenaufenthaltes größer (vgl. Haller 1982).

¹ Albedo = Reflexion der Globalstrahlung an der Erdoberfläche. Je geringer die Albedo, desto stärker ist die Bodenerwärmung und damit auch die Erwärmung der darüberliegenden Luft.

3.2. Klimaschwankungen als mögliche Mitursache für das Aussterben des Bartgeiers in den Alpen

3.2.1. Thermik

Die in den Alpen demonstrierte Abhängigkeit des Steinadlers von thermischen Aufwinden läßt die Frage aufkommen, ob die neuzeitlichen Klimabedingungen in den Alpen dem bezüglich Thermik noch anspruchsvolleren Bartgeier überhaupt genügen. Mit Ausnahme des arid-kontinentalen, strahlungsintensiven Zentralasien (wo die Grenze des Bartgeierareals 50°N erreicht) waren der Nordrand der Alpen und die Ostkarpaten (47°–48°N) das am weitesten in gemäßigte Breiten vorstoßende Verbreitungsgebiet des Bartgeiers in historischer Zeit. Klimaverschlechterung könnte die Lebensbedingungen für den Alpenbartgeier beeinträchtigt haben.

In Europa kam es nach dem 300 Jahre lang dauernden «Mittelalterlichen Optimum» ab etwa 1300 zur «Klimawende», welche im ausgehenden 16. Jahrhundert zum ersten Maximum der «Kleinen Eiszeit» führte. Ausdruck dieser Klimaschwankung war ein markantes Vorrücken der Alpengletscher; nach kleineren Bewegungen wurde nach einem weiteren kräftigen Vorstoß um 1820 nach 1850 ein zweites Maximum erreicht. Die Gletschervorstöße sind auf eine Häufung (z. T. ununterbrochene Folgen) außerordentlich kalter und/oder feuchter Jahre gefolgt: große Niederschlagshäufigkeit charakterisierte die Sommer zwischen 1585 und 1597; zwischen 1812 und 1817 herrschten eiszeitliche Temperaturen (Pfister 1983). Die Kleine Eiszeit äußerte sich auch saisonal unterschiedlich. Auf die ganze Periode bezogen manifestierte sie sich am deutlichsten im kalten, in vielen Fällen noch als Wintermonat einzustufenden März und im feuchtkühlen, in höheren Lagen regelmäßig von Schneefällen begleiteten Juni. Diese Bedingungen waren infolge der Stahlungsarmut der Ausprägung thermischer Aufwinde abträglich, wobei vor allem die Brutperiode betroffen war: der kalte März bedingte eine

zum größten Teil unter winterlichen Verhältnissen ausgetragene Bebrütungszeit; der Juni fiel in die fortgeschrittene Entwicklungszeit des Jungvogels, wenn der Futterbedarf besonders groß ist. Die erweiterten Gletscher- und Firnflächen förderten ihrerseits den Gletscher(ab)wind. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts folgte bis heute das «Moderne Optimum», welches einen starken Gletscherrückgang brachte, der allerdings den Minimalstand des Mittelalters bisher offenbar vielerorts nicht erreicht hat.

Der Ablauf des Aussterbens von *Gypaetus barbatus* in den Alpen läßt sich in Zusammenhang bringen mit den regional unterschiedlichen Thermikbedingungen: Von wenigen Ausnahmen abgesehen verschwand der Bartgeier zwischen 1800 und 1850 aus dem gesamten Nordalpengebiet. In den strahlungsreicheren Zentralalpen lebten vereinzelt Paare bis gegen Ende des 19. Jahrhunderts. Beinahe sämtliche der bekannten Brutplätze lagen in ausgesprochen thermikreichem Gelände, so beispielsweise die Horste bei Goppenstein, Felsberg, Codera und Vinadi. In den südlichsten und thermikreichsten Alpentteilen, in den italienisch-französischen Westalpen, hielt sich der Bartgeier bis in das 20. Jahrhundert hinein. Ähnlich wie in den Alpen wurden auch in Jugoslawien und in den Karpaten zuerst die nördlichen und weniger kontinentalen Gebiete geräumt; der nördlichste Teil des Karpatenbogens scheint nie besiedelt gewesen zu sein (Glutz, Bauer & Bezzel 1971).

Die Bedeutung der Thermikbedingungen als Requisite ist nicht nur auf *Gypaetus barbatus* beschränkt. Den bisherigen Erklärungsversuchen für das Fehlen von Geiern in höheren Breiten (geringes Nahrungsangebot, Fischer 1974; extrem lange Fortpflanzungsperiode, Brown 1976) ist die Limitierung durch Aufwindbedingungen anzufügen. Schon Baumgart (1974) hat darauf hingewiesen, daß bei zunehmender geographischer Breite die Nahrungssuche vor allem der thermikabhängigen Hochkreiser zusätzlich zum Nahrungsmangel

durch Bewaldung und unbeständige Witterung erschwert wird. Das eurasische Geierareal stößt denn auch im thermikreichen Zentralasien am weitesten nach Norden vor. Die Neuweltgeier sind an ihrer Nordgrenze im südlichen Kanada durch den relativ kleinen und demzufolge weniger aufwindabhängigen Truthahngeier *Cathartes aura* vertreten. Der sehr große Kondor *Vultur gryphus* kommt indessen bis zur Südspitze Südamerikas vor, lebt also auch in kühl-gemäßigtem Klima. Hier bieten jedoch beständig ausgeprägte Westwinde (bzw. deren vertikale Ablenkung) die nötige Flugunterstützung.

3.2.2. Einschränkung des Lebensraumes durch Schneelage

Der Nahrungserwerb des Bartgeiers verlangt großflächig offenes und möglichst schneefreies Gebirgsgelände. Der Bartgeierlebensraum erstreckt sich zwischen der Waldgrenze und der Schneegrenze. Es zeigt sich eine Beziehung zwischen seiner Ausdehnung in verschiedenen Gebirgen und dem Status der betreffenden Population, wobei eine möglichst hoch gelegene Schneegrenze infolge Schneearmut und Strahlungsreichtum (und oft großem Abstand zur Waldgrenze) die optimalen Bartgeierbedingungen charakterisiert: In den nördlichen, ehemaligen Arealteilen Europas (Alpen, Jugoslawien, Karpaten) ist der Lebensraum durch den geringen Abstand Waldgrenze-Schneegrenze (s. Hermes 1955, Messerli 1967), die Vergletscherung der Alpen und die fehlenden Gipfelhöhen in Jugoslawien sowie in den Karpaten besonders eingeschränkt. Die Bartgeierzone im nach wie vor (wenn auch dünn) besiedelten nördlichen Mittelmeerraum (Pyrenäen, Korsika, Nordgriechenland) ist durch die auch gegenwärtig noch aktuellen Entwaldungen wesentlich erweitert worden. In den südlichen und/oder arid-kontinentalen Hochgebirgen, in Zentralasien und Äthiopien, hat sich der Bartgeier viel besser behauptet als anderswo und gehört nach wie vor zum Landschaftsbild. Der Abstand zwischen Wald- und Schneegrenze kann dop-

pelt so groß sein wie in den Alpen (z.B. Tibet); die Wälder sind (sofern sie überhaupt zur natürlichen Vegetation gehören) vielerorts stark zurückgedrängt worden (z.B. Semien). Zusätzlich zur Höhenausdehnung erstreckt sich der Bartgeierlebensraum in diesen Hochländern über weite Flächen, und das südliche Strahlungsklima bewirkt an den mittelsteilen, hochgelegenen Bergflanken optimale (v.a. auch verlässliche) Thermik.

Die Schneegrenze lag während der vergangenen Gletschervorstöße etwa 200 m tiefer als heute (Patzelt 1973); 1816/17 sank die Schneegrenze um etwa 500 m ab (Pfister in Messerli et al. 1975). Die Folge waren Vegetationszerstörungen, Solifluktion und Bodenerosion in der alpinen Stufe bzw. drastische Auswirkungen auf die Alpwirtschaft (Messerli et al. 1978). Die obere Waldgrenze vermochte diesen kurzfristigen Klimaschwankungen hingegen standzuhalten. Dadurch wurde der in den Alpen ohnehin schmale Bartgeierlebensraum zeitweise weiter eingeschränkt. Rodungen und Waldweide haben allerdings in historischer Zeit auch den Lebensraum des Alpenbartgeiers (vorübergehend) erweitert (und ein bleibendes Vorkommen in den Alpenrand-erhebungen wohl erst ermöglicht).

3.3. Das Aussterben des Alpenbartgeiers: bisherige Diskussion und neue Zusammenhänge

Als Gründe für das Verschwinden des Bartgeiers in den Alpen standen bisher menschliche Verfolgung und Nahrungsmangel im Vordergrund. Schon Girtanner (1870) hat aber erwähnt, daß die Nachstellung von seiten des Menschen nicht hauptverantwortlich für den Bestandesrückgang gewesen sei. Die Jagd auf die großen Raubtiere, welche in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ihren Höhepunkt erreichte, gab immerhin der angeschlagenen Bartgeierpopulation mindestens den Rest. Schon relativ geringe Verluste von Altvögeln können sich drastisch auswirken ("turn over" äußerst langsam; s. Hiraldo,

Delibes & Calderon 1979). Insbesondere das Auslegen von Giftködern führte zu einem bedeutenden Aderlaß im europäischen Bestand von *Gypaetus barbatus*. Die Tatsache jedoch, daß der Steinadler (dessen Populationsdynamik derjenigen des Bartgeiers nahekommt) trotz vergleichbarem Jagddruck (Bartgeier und Steinadler wurden häufig miteinander verwechselt; Meisner 1817, Conrad von Baldenstein 1981, Girtanner 1870) zur Zeit des Aussterbens von *Gypaetus barbatus* in den Alpen verbreiteter Brutvogel war, weist auf die Beteiligung weiterer Faktoren hin.

Die Bedeutung eines reichen Nahrungsangebotes für das Vorkommen des Bartgeiers wird oft überschätzt. Wohl erreichten die Schalenwildbestände in den Alpen im frühen 19. Jahrhundert einen Tiefstand. In der Schweiz war die Gemse das einzige Wildtier von Bedeutung für die Ernährung des Bartgeiers, welcher sich auch an Überreste verendeter Haustiere gehalten hat. Im Vergleich mit gegenwärtigen nahrungssarmen Bartgeierlebensräumen zeigt sich nun, daß die Gemsbestände nie so gering waren, als daß sie das Überleben des Bartgeiers a priori in Frage gestellt hätten (vgl. Schinz 1824, von Tschudi 1853, Girtanner 1870).

Indes war die (bisher nicht immer genügend berücksichtigte) Erreichbarkeit der Nahrung eingeschränkt: Durch das im 19. Jahrhundert zunehmende Seltenerwerden der übergeordneten Beutegreifer, die als Erschließer von Nahrung wichtig sein können; vor allen Dingen aber infolge der Klimaverschlechterung. Die suboptimalen Thermikbedingungen begrenzten die Suchflüge sowohl räumlich als auch zeitlich und erschwerten damit die Nahrungsbeschaffung im ohnehin schmalen Bartgeierlebensraum in den Alpen. Die (im Vergleich zu optimalen Bartgeiergebieten) in weiten Teilen der Alpen ausgeprägte Häufigkeit von Neuschneefällen bzw. Dauer der geschlossenen Schneedecke bewirkt zusätzlich zur großen Albedo, daß herumliegende Knochen nicht greifbar sind. Hohe Schneelage fördert zwar die Schalenwildsterblichkeit, Nahrungsengpässe bleiben dennoch

erhalten, da die Wintersterblichkeit gehäuft auftritt und weitere Neuschneefälle Aas zu decken. Die zahlreichen Schilderungen über die (aus anderen Arealteilen weniger bekannte) räuberische Lebensweise des Bartgeiers in den Alpen könnte Ausdruck des Engpasses in der Erreichbarkeit und Verfügbarkeit der Nahrung gewesen sein. Wiederholt wurde von Bartgeiern berichtet, die sich in strengen Wintern besonders nahe an die Bergdörfer herangewagt hatten. Der überragende Anteil winterlicher Erlegungsdaten des Alpenbartgeiers weist darauf hin, daß ungünstige Klimaverhältnisse auch erhöhten Jagddruck auslösen können.

Als nördliche Arealgrenze waren die Alpen klimatischer Grenzstandort für den Bartgeier. Bei Klimaverschlechterung bestand mit Ausnahme begrenzter lokalklimatischer Gunsträume wenig Spielraum. Das Ausharren der letzten Alpenbartgeier bis zur jüngsten Warm-Epoche darf nicht darüber hinwegtäuschen, daß die Population schon früher stark geschwächt war. Der in verschiedenen vorübergehenden Phasen zum Ausdruck kommende Kaltzeitcharakter der Kleinen Eiszeit, dessen primäre Wirkung auf den Bruterfolg der Bartgeierpopulation und die Abschwächung des klimatischen Einflusses durch die damalige Auflockerung und Rodung des Waldes könnten einen seit langem wirkenden, sehr zögernd ablaufenden Bestandesrückgang erklären. Eine nachhaltige Bestandeseinbuße erlitt die Bartgeierpopulation in den Schweizer Alpen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, in einem Zeitabschnitt mit gesteigerter Verfügbarkeit einigermaßen leistungsfähiger Handfeuerwaffen, einem erwachenden öffentlichen Interesse für Naturwissenschaften und Sammelobjekte, notabene aber auch mit einer der ausgeprägtesten Kaltphasen (1812–1817) der letzten Jahrhunderte. Möglicherweise haben sich diese extremen Klimabedingungen auch auf die Adultensterblichkeit ausgewirkt; jedenfalls beschränkten sich regelmäßige Bartgeiernachweise in der Folge im wesentlichen auf vereinzelte lokalklima-

tisch begünstigte Standorte in den Zentralalpen.

Die vorliegende Arbeit stützt sich nur auf ein geringes sowie wenig differenziertes Datenmaterial und ist deshalb als Diskussionsbeitrag aufzufassen. Die dargelegten Zusammenhänge wären eingehender zu prüfen. Durch die planmäßige Überwachung der Bartgeier, welche im Rahmen des gegenwärtigen Wiedereinbürgerungsprojektes in den Alpen (s. Schweiz. Dokumentationsstelle für Wildforschung 1981, 1982a, 1982b, 1983) freigelassen werden sollen, ließen sich weitere Informationen über die Gründe des Erlöschens der Alpenpopulation und zur Beurteilung der Erfolgsaussichten der Wiederansiedlung sammeln. Diese muß nicht von vornherein an den Klimabedingungen scheitern, da wir uns gegenwärtig in einer – allerdings ozeanisch getönten – Optimalphase befinden. Doch sollte man sich des Grenzstandortes bewußt sein. Die verschiedenen am Populationsniedergang beteiligten und zum Teil heute noch wirkenden Faktoren sowie neue Komplikationen (technische Erschließung und Wandel sozioökonomischer Strukturen) machen die Wiedereinbürgerung so schwierig. Abgesehen davon stehen der Etablierung einer freilebenden Bartgeierpopulation bei der beschränkten Verfügbarkeit der Vögel noch ganz andere Probleme im Wege.

Dank. Da diese Arbeit mehrere Fachgebiete streift, war ich auf Beratung von verschiedenen Seiten angewiesen. Ich danke Prof. Dr. U. Glutz von Blotzheim, PD Dr. Chr. Pfister, Frau Dr. Ch. Urfer-Henneberger, G. Kappenberger und U. Witmer für ihre Unterstützung, M. Clarbrough, Sagarmatha National Park headquarters Namche Bazar, bin ich für Informationen verbunden, A. Labhardt für die Vergrößerung der Fotos und Dr. L. Schifferli für die Bearbeitung des Summary.

Zusammenfassung, Summary

Khumbu (Nepal), November 1980: Beim Schnee- und Bartgeier (215 bzw. 53 Kontakte) umfaßte der Tagesgang der Aktivität 7–8 Stunden, wobei $\frac{3}{4}$ der Kontakte während der besonders intensiven Sonnenbestrahlung am Vormittag stattfanden. Schnee-

geier hielten sich zu 85%, Bartgeier zu beinahe 80% an Sonnenhängen auf; beide Arten konnten außerhalb des Nachteinstandes nur in wenigen Fällen am Boden sitzend festgestellt werden. Die Steinadler hingegen (61 Kontakte), deren tägliche Aktivitätsperiode bis 10 Stunden dauerte und die Südexpositionen nicht bevorzugten, waren zu $\frac{3}{4}$ am Nachmittag und zu über 45% auf Warten zu sehen.

Die Geier sind im Vergleich zum beutegreifenden verpaarten Steinadler viel mehr auf den Suchflug angewiesen und demzufolge von thermischen Aufwinden besonders abhängig. In den Alpen müssen die Lebensbedingungen des Bartgeiers durch die Klimaverschlechterung nach dem Mittelalterlichen Optimum beeinträchtigt worden sein.

The significance of thermic up-winds for the Lammergeier Gypaetus barbatus, a possible factor connected with its extinction in the Alps. Comparative observations on the Himalayan Griffon Gyps himalayensis, Lammergeier, and Golden Eagle Aquila chrysaetos in the Himalayas

Previous research (Haller 1982) indicated that the Golden Eagle in the Alps rely markedly on thermic up-winds when foraging, especially unpaired individuals living on carrion and mainly during winter. Could recent climatic changes and their effect on up-winds have limited the Lammergeier in the Alps where it reached its northern boundary until the 19th century? To find the significance of thermic up-winds for Himalayan Griffons, Lammergeiers and Golden Eagles, comparative data were collected in the Khumbu area (Nepal) in November 1980 (215, 53 and 61 observation units, respectively).

The three large raptor species were observed mainly in the upper and middle parts of the valley, the lower parts of the hills belonging to the forest zone. All breeding sites were below the timber-line. Himalayan Griffons and Lammergeiers were active during 7–8 h per day; the period before noon with intensive sun-radiation accounted for 75% of the observations. The two species were recorded mainly along slopes exposed to the sun (Himalayan Griffons up to 85%, Lammergeiers up to 80% of observation units), and both were almost never observed sitting on the ground, except when roosting. Golden Eagles, however, were active for 10 h per day, the afternoon accounting for 75% of the observations. They showed no preference for south exposed slopes and were sitting during more than 45% of the period of activity.

By contrast to Golden Eagles feeding on living prey, the vultures foraging by searching flights depend much more on the thermic conditions. Himalayan Griffons rely mainly on strong but very localised columnar thermal up-winds. Lammergeiers use more frequent but weaker up-winds occurring close to the slopes.

It is likely that climatic changes in Europe after

the Middle Ages had a negative influence on the living conditions of the Lammergeier. Marked advances of the glaciers at the beginning of the 17th and early 19th century were the result of little sun-radiation impeding the development of thermal up-winds. Even in summer, access to bones was impaired by periodical snow fall. At times the snow-line was lowered so that the area suitable for the Lammergeier, which was small in any case, decreased. The significance of thermic up-winds for Old and New World vultures is also shown by their present range of distribution.

Literatur

- BAUMGART, W. (1974): Wie steht es um Europas Geier? Falke 21: 258–267, 300–308.
- BAUMGART, W. & W. FISCHER (1978): Ornithologische Ergebnisse einer frühherbstlichen Exkursion nach Teberda im Nordwest-Kaukasus (11.–23.9.1973). Faun. Abh. Mus. Tierkde Dresden 7: 7–17.
- BROWN, L. (1976): Birds of Prey, their biology and ecology. London.
- CONRAD VON BALDENSTEIN, TH. (1981): Vogelbauer; nebst Anmerkungen über die Naturgeschichte der in demselben enthaltenen Vögel, welche alle nach der Natur gezeichnet und beschrieben nach eigenen Beobachtungen 1811–1868. Chur.
- DIESSELHORST, G. (1968): Beiträge zur Ökologie der Vögel Zentral- und Ost-Nepals. Khumbu Himal Bd. 2. Innsbruck-München.
- FISCHER, W. (1974): Die Geier. Neue Brehm-Bücherei 311. Wittenberg Lutherstadt (176 S.).
- FUYUN, Z. & Y. RUOLI (1980): The Lammergeier of southern Gansu. Acta zool. Sinica 26: 90 (summary).
- GIRTANNER, A. (1870): Beitrag zur Naturgeschichte des Bartgeiers der Centralalpenkette. Verh. St. Gall. naturw. Ges. 1869/70: 147–244.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U.N., K.M. BAUER & E. BEZZEL (1971): Handbuch der Vögel Mitteleuropas, Bd. 4: Falconiformes. Frankfurt a. M.
- HALLER, H. (1982): Raumorganisation und Dynamik einer Population des Steinadlers in den Zentralalpen. Orn. Beob. 79: 163–211.
- HERMES, K. (1955): Die Lage der oberen Waldgrenze in den Gebirgen der Erde und ihr Abstand zur Schneegrenze. Kölner Geogr. Arbeiten, H. 5 (277 S.).
- HIRALDO, F., M. DELIBES & J. CALDERON (1979): El Quebrantahuesos. Publ. I.CO.NA., Monogr. 22. Madrid (183 S.).
- MEISNER, F. (1817): Das Museum der Naturgeschichte Helvetiens in Bern. Nr. 7 u. 8. Bern.
- MESSERLI, B. (1967): Die eiszeitliche und die gegenwärtige Vergletscherung im Mittelmeerraum. Geographica Helvetica 22: 105–228.
- MESSERLI, B., H. J. ZUMBÜHL, K. AMMANN, H. KIENHOLZ, H. OESCHGER, CH. PFISTER & M. ZURBÜCHEN (1975): Die Schwankungen des unteren Grindelwaldgletschers seit dem Mittelalter. Z. Gletscherkde u. Glazialgeol. 11: 3–110.
- MESSERLI, B., P. MESSERLI, CH. PFISTER & H. J. ZUMBÜHL (1978): Fluctuations of climate and glaciers in the Bernese Oberland, Switzerland, and their geoecological significance, 1600 to 1975. Arctic a. Alpine Research 10: 247–260.
- PATZELT, G. (1973): Die neuzeitlichen Gletscherschwankungen in der Venedigergruppe (Hohe Tauern, Ostalpen). Z. Gletscherkde u. Glazialgeol. 9: 5–57.
- PFISTER, CH. (1983): Klima und Gletscherschwankungen seit 1525. Die Kleine Eiszeit – Gletschergeschichte im Spiegel der Kunst; Schrift z. Sonderausstellung d. Schweiz. Alpen Museums Bern u. d. Gletschergarten-Museums Luzern: 6–8.
- SCHINZ, H.R. (1824): Naturgeschichte und Abbildungen der Säugethiere. Zürich.
- Schweiz. Dokumentationsstelle für Wildforschung (1981, 1982a, 1982b, 1983): *Gypaetus barbatus*, Bull. Nr. 1–4 Bartgeierprojekt WWF/IUCN & Frankfurter Zool. Ges. Zürich.
- TSCHUDI, F. VON (1853): Das Thierleben der Alpenwelt. Leipzig.

Dr. Heinrich Haller, Museumstrasse 13,
7260 Davos