

Flughöhen von Greifvögeln und Vogelschläge in Deutschland

(Flight altitudes of raptors and bird strikes in Germany)

von WOLFGANG SCHELLER, Teterow
EKKEHARD KÜSTERS, Traben-Trarbach

Zusammenfassung: In Deutschland wurden in den letzten zwanzig Jahren etwa 16 % der Vogelschläge, bei denen die Vogelart bekannt ist, durch Greifvögel verursacht. Turmfalken - in erster Linie handelte es sich dabei um Jungvögel - waren hauptsächlich in den Sommermonaten von Juli bis September betroffen. Die Thermikflieger unter den Greifvögeln (Bussarde, Milane) wiesen zwei Maxima in der Vogelschlaghäufigkeit auf: das Erste von März bis Mai, das Zweite von Juli bis September. Die meisten Vogelschläge ereigneten sich in den 500 ft- und 1000 ft-Tiefflugbändern; als größte Höhe eines Vogelschlages mit einem Mäusebussard wurden durch den betroffenen Piloten 3500 ft (GND) angegeben. Ein Untersuchungsprogramm zur Ermittlung der Flughöhen von Greifvögeln ergab, dass einige Arten während des Territorialverhaltens im Frühjahr regelmäßig Höhen von über 1000 m (ca. 3000 ft), z.T. sogar 3000 m (ca. 9000 ft) erreichen. Nach geringeren Höhen im Frühsommer steigert sich die Flughöhe vor Beginn des Herbstzuges erneut. Es besteht eine positive Korrelation zwischen Flughöhe und der Lufttemperatur sowie der Thermikgüte; die größten Höhen werden in der Mittagszeit erreicht. Aus diesen Ergebnissen ist zu folgern, dass das Vogelschlagrisiko mit den Thermikfliegern unter den Greifvögeln am höchsten in den Mittagsstunden an Tagen mit guter Thermik im Frühjahr sowie im August/September ist.

Summary: In Germany about 16 % of the birdstrikes with known species were caused by raptors. Kestrels (almost exclusively recently fledged birds) were involved mainly in summer (July - Sept.), while soaring raptors caused two maxima, the first one from March to May, the second one from July to September. Most of the birdstrikes occurred in the 500 ft level, yet the absolute height maximum was 3500 ft. An observation program revealed that some species of soaring raptors regularly reach flight heights of 3000 m (approx. 10.000 ft) in spring (territorial behaviour). Flight

altitude increases again in autumn before migration starts. Flight height is positively correlated with air temperature and quality of thermals, maximum height is reached around noon time. That means the risk of having a birdstrike with a buzzard or any other soaring raptor is highest at noon on days with good thermals in spring or in August/September.

1. Einleitung

Im militärischen Flugbetrieb in der Bundesrepublik Deutschland wurden in dem Fünfzehnjahreszeitraum von 1977 bis 1991 15,6 % der Vogelschläge, bei denen Federreste sichergestellt und zur Artbestimmung im Amt für Wehrgeophysik untersucht wurden, durch Greifvögel verursacht (KÜSTERS, 1993). Obwohl 1991 die Mindestflughöhe für den militärischen Tiefflug von 500 ft auf 1000 ft heraufgesetzt wurde, änderte sich dieser Prozentsatz nicht wesentlich; in den Jahren 1992 bis 1997 lag er bei durchschnittlich 16,7 % mit allerdings beträchtlicher Schwankungsbreite: der geringste Anteil wurde 1995 mit 12,7 %, der höchste 1993 mit 23,3 % registriert. Der Anteil der Bussarde an den Vogelschlägen lag während der ersten Periode bei 10,3 %, der der Turmfalken bei nur 3,2 %, nach 1991 waren Bussarde und Turmfalken mit je 7,8 % gleich stark vertreten.

Um herauszufinden, ob diese Verschiebung der Relation mit der Anhebung der Mindestflughöhe in Zusammenhang steht, wurden die Vogelschläge mit Greifvögeln hinsichtlich der Flughöhe während des Ereignisses sowie der Jahres- und Tageszeit ausgewertet. Darüber hinaus wurde ein Untersuchungsprogramm zur Ermittlung der Flughöhe verschiedener Greifvogelarten zu unterschiedlichen Jahreszeiten und in Abhängigkeit von Witterungsfaktoren durchgeführt, um besondere Gefährdungsschwerpunkte zu ermitteln.

2. Vogelschläge mit Greifvögeln

Während der letzten zwanzig Jahre (1978 bis 1997) wurden im Amt für Wehrgeophysik 415 Reste von an Vogelschlägen beteiligten Greifvögeln untersucht. Mit 275 Exemplaren stellten die Thermikflieger (Bussarde, Rotmilan) bei weitem die Mehrzahl, in 118 Fällen handelte es sich um Falken und lediglich 22 mal um sonstige Greifvögel (Rohrweihe, Sperber, Habicht sowie nicht näher identifizierbare Reste).

Die monatliche Verteilung zeigt eine zweigipfelige Kurve (Abb. 1) mit einem leichten Frühjahrs- und einem ausgeprägten Sommermaximum. Damit weicht sie deut-

lich von den üblichen Verteilungskurven der Vogelschläge ab, die bis in die siebziger Jahre zwar auch eine Zweigipfeligkeit besaßen (allerdings mit einem früheren Frühjahrs- und einem späteren Herbstmaximum), sich dann aber mit fortschreitender Verbesserung der Vogelzug-Warnverfahren und dadurch immer stärkerer Kapung des Frühjahrs- und Herbstpeaks über eine dreigipfelige (Frühjahr, Sommer, Herbst) zu einer eingipfeligen Kurve mit kleineren Nebenmaxima im Frühjahr und Herbst wandelten.

Differenziert man in die unterschiedlichen ökologischen Greifvogel-Gruppen, so stellt man fest, dass Falken im Wesentlichen von Juli bis September an Vogelschlägen beteiligt sind. Die Ursache dafür liegt darin, dass Flugplätze mit ihren großen Gebäuden und ausgedehnten Grünflächen ideale Brut- und Nahrungshabitate für Turmfalken darstellen. Während der mit erheblicher Flugaktivität verbundenen Balz kommt es zu einem ersten leichten Anstieg der Vogelschlagzahl, dem dann während der Brutphase ein geringfügiger Rückgang folgt. Ein dramatischer Anstieg der Vogelschlagzahlen mit Turmfalken findet statt, sobald die Jungen flügge werden und zunächst auf ihren Bettelflügen, später bei selbständigen Jagdversuchen auch die Startbahn kreuzen und dabei wegen ihres noch unausgeprägten Gefahrenbewusstseins häufig Kollisionen mit Luftfahrzeugen zum Opfer fallen. (Adulte und juvenile Turmfalken lassen sich anhand ihres Gefieders gut unterscheiden; die von Juli bis September an das Amt für Wehregeophysik eingesandten Vogelreste stammten nahezu ausschließlich von Jungvögeln.) Da sich die Vogelschläge mit Turmfalken zum weitaus überwiegenden Teil auf Flugplätzen, also bei sehr geringen Flughöhen ereigneten, ist ihre Zahl durch die veränderte Mindestflughöhe nicht beeinflusst, der prozentuale Anstieg ist lediglich durch die insgesamt deutlich rückläufige Vogelschlagzahl bedingt, denn die Absolutzahl ist auch bei den Turmfalken von 6,4 pro Jahr zwischen 1978 und 1990 auf 5,0 zwischen 1991 und 1997 leicht gesunken.

Die Kurve der Vogelschläge mit thermikfliegenden Greifvögeln in Abb. 1 zeigt einen sehr symmetrischen Verlauf mit einem ersten Maximum vom März bis Mai und einem zweiten von Juli bis September, also während der Balz und Revierabgrenzung und dann wieder in den Sommermonaten, wenn gute Thermikbedingungen große Flughöhen ermöglichen. Der zwischenzeitliche Rückgang fällt auch hier mit der Brutzeit zusammen, wenn die Vögel ihre Flugaktivität deutlich reduzieren. Obwohl die Zahl der Bussarde (Mäusebussard, Rauhußbussard) in den Wintermonaten durch Zuzug aus Osteuropa und Skandinavien stark ansteigt, ereignen sich in dieser Zeit nur wenige Vogelschläge, da der Beuteerwerb dann wegen fehlender Thermik seltener aus dem Suchflug, sondern hauptsächlich von einer erhöhten Sitzwarte aus erfolgt.

Auf der Darstellung der Höhenverteilung der Vogelschläge mit Thermikliegern (Abb. 2) zeichnen sich die Tiefflug-Höhenbänder 500 ft und 1000 ft als Schwerpunkte

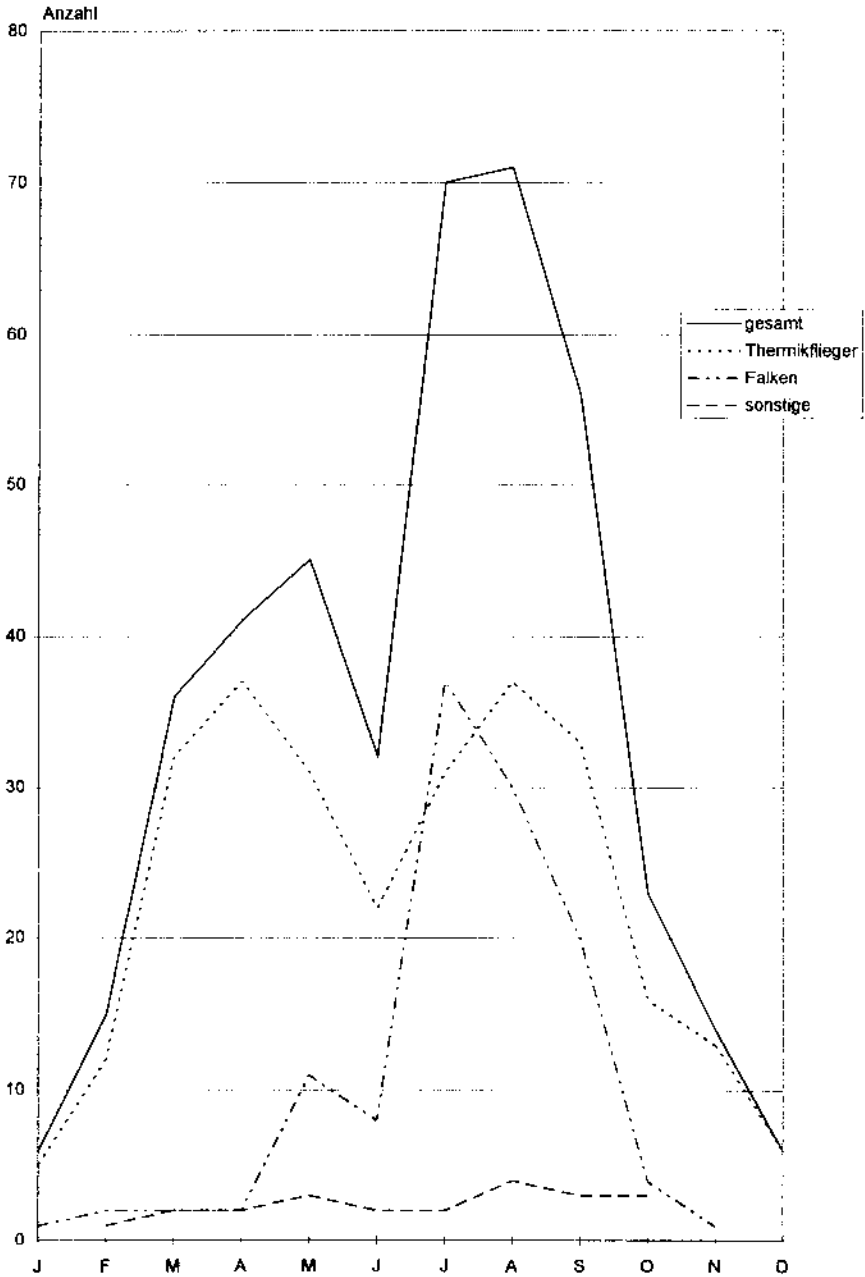


Abb. 1: Monatliche Verteilung der Vogelschläge mit Greifvögeln 1978 - 1997

der Vogelschlag-Häufigkeit deutlich ab. (Die Gesamtzahl der auf dieser Graphik dargestellten Vogelschläge ist wegen der in etwa 50 % der Fälle unbekanntenen Höhe des Ereignisses - Feststellung des Vogelschlages erst bei der Nachflugkontrolle - erheblich geringer als die der identifizierten Reste von Bussarden und Milanen.)

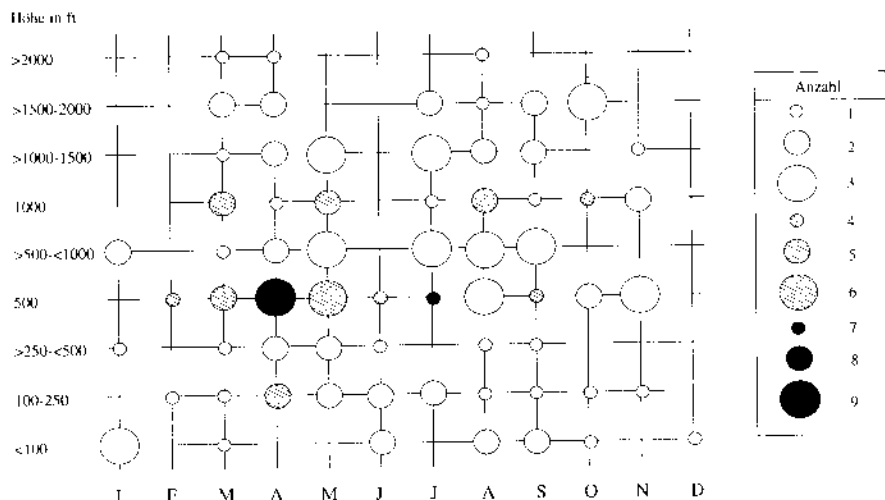


Abb. 2: Höhenverteilung der Vogelschläge mit Bussarden und Rotmilan

Die zeitliche Verteilung innerhalb dieser Höhenbereiche ist nicht homogen, sondern es sind jahreszeitlich unterschiedliche Schwerpunkte festzustellen, wobei die Maxima in 1000 ft nicht mit denen in 500 ft zusammenfallen. Dies legt die Vermutung nahe, dass die Flughöhenverteilung thermikfliegender Greifvögel nicht zufällig oder rein witterungsabhängig ist, sondern dass zu bestimmten Jahreszeiten bevorzugt besondere Höhenbereiche aufgesucht werden.

Obwohl Militärflugzeuge wesentlich seltener in anderen Höhen als dem 500- bzw. 1000 ft-Tiefflugband fliegen, ereigneten sich 22 % der Vogelschläge oberhalb von 1000 ft (GND); die bisher größte Höhe, in der es zu einer Kollision mit einem Bussard kam, lag bei 3500 ft.

Auch hinsichtlich der tageszeitlichen Verteilung weicht die Anzahl der Vogelschläge mit Bussarden - der Greifvogelgruppe, über die das umfangreichste Datenmaterial vorliegt - erheblich von der aufgrund des militärischen Flugaufkommens zu erwartenden ab. Die meisten Zwischenfälle fanden nicht etwa in den Morgenstunden, sondern in der bezüglich des Flugbetriebs deutlich ruhigeren Mittagszeit statt (Abb. 3).

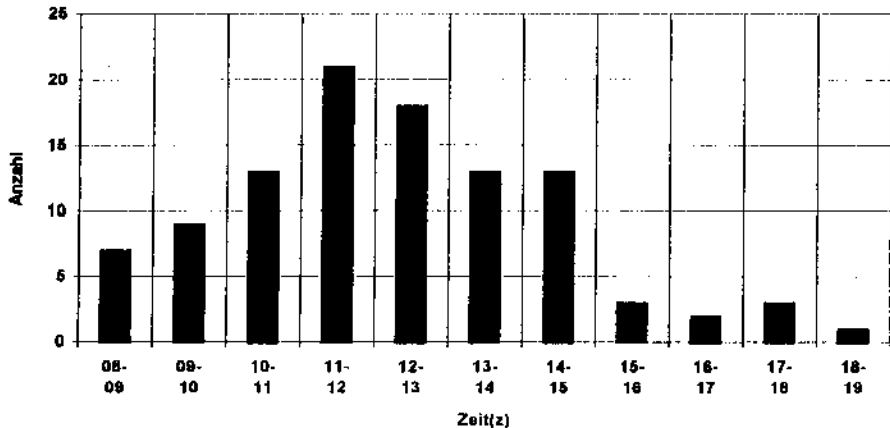


Abb. 3: Tageszeitliche Verteilung der Vogelschläge mit Bussarden 1978 - 1997

Aufgrund dieser Befunde stellte sich die Frage, welche Flughöhen bei Greifvögeln überhaupt zu erwarten sind und welche Parameter Einfluss auf die Flughöhe besitzen.

3. Flughöhen von Greifvögeln

3.1 Erfassungsmethodik

In der Literatur finden sich nur relativ spärliche Angaben zu den in Mitteleuropa von Greifvögeln erreichten Flughöhen. Für die häufigste Art, den Mäusebussard liegen zwar die meisten Informationen vor, doch sind auch diese nicht sehr ergiebig. Bezüglich des Nahrungsfluges heißt es "50 m" (CRAMP & SIMMONS, 1980) bzw. "30 - 80 m" (GLUTZ v. BLOTZHEIM, 1989), für den Zug "1 - 100 m" bzw. "150 - 500 m über dem Boden" (CRAMP & SIMMONS, 1980). Über die beim interessantesten Teil der Flugaktivität, nämlich dem Balz- und Revierverhalten erreichten Höhen werden keine Details mitgeteilt, bei CRAMP & SIMMONS (1980) heißt es lediglich "dives for up to 200 m", woraus allerdings hervorgeht, dass sich der Vogel zuvor in deutlich größerer Höhe befunden haben muss. SCHUBERT (1957) schreibt über die Zughöhe "2000 m NN" und MITCHELL (1964) über den Thermikflug "490 - 915 m NN". Aus beiden Aussagen geht aber leider nicht hervor, wie hoch über Grund sich die Vögel dabei befanden. Die Literaturangaben über andere Vogelarten sind noch dürftiger.

Wegen der Bedeutung, die Kenntnisse über die von Greifvögeln während der verschiedenen Jahreszeiten und unter unterschiedlichen Witterungsbedingungen erreichten Flughöhen für die Flugsicherheit haben, wurden in den Jahren 1996 und 1997 in Verbindung mit einem Untersuchungsprogramm zur Reviernutzung des

Schreiadlers im nördlichen Mecklenburg-Vorpommern Beobachtungen zur Flughöhe aller im Untersuchungsgebiet vorkommenden Großvögel gemacht.

Die Erfassungen wurden an insgesamt 41 Tagen vorgenommen und erstreckten sich über jeweils ca. 10 Stunden, wobei insbesondere beim Schreiadler, von dem drei adulte Exemplare mit Radiotelemetriessendern versehen waren, sämtliche Flughöhenänderungen im Laufe des Tagesganges registriert werden konnten. Zur Verbesserung der ohne Referenzwerte sehr schwierigen Höhenschätzung (Unterschätzungen von mehr als 100 % sind bei ungeübten Beobachtern nicht ungewöhnlich) wurde einmal ein Hubschrauber vom Typ Bell UH-1D eingesetzt, der in definierten Höhen über den Beobachtern flog. Die 1,25 m lange Heckflosse des Hubschraubers diente dabei als Größenvergleich zur Spannweite der untersuchten Vogelarten (z.B. Mäusebussard 1,13 - 1,28 m, Schreiadler 1,34 - 1,59 m, Rotmilan 1,75 - 1,95 m; nach CRAMP & SIMMONS, 1980). In einem der Untersuchungsgebiete befindet sich ferner ein Anflugpunkt, den die auf dem Flugplatz Laage landenden Militärmaschinen in 500 m Höhe überfliegen; dadurch ist eine weitere Referenzhöhe gegeben.

Zur Erfassung der Vögel in größeren Höhen standen den Beobachtern neben Ferngläsern Spektive mit 30-facher Vergrößerung zur Verfügung.

Durch die Beobachter wurden stündlich folgende Wetterdaten erfasst:

- Temperatur (in 2 m Höhe)
- Windgeschwindigkeit (in 2 m Höhe)
- Windrichtung
- Bewölkung
- Niederschlag (qualitativ).

Weitere Wetterdaten, die in die statistische Auswertung einfließen, wurden von der Geophysikalischen Beratungsstelle des Jagdgeschwaders 73 in Laage (Entfernung zu den Untersuchungsgebieten 13 bzw. 27 km) sowie vom Geophysikalischen Messzug Wittstock (Entfernung 80 bzw. 95 km) zur Verfügung gestellt.

3.2 Flughöhen

Mit der Tabelle 1 wird ein statistischer Überblick über die in den Jahren 1996 und 1997 beobachteten Flughöhen von Greifvögeln und einigen miterfassten weiteren Arten gegeben. Innerhalb der Greifvögel wird deutlich, dass es artspezifische Unterschiede hinsichtlich der maximalen und der bevorzugten Flughöhen gibt, was sich in Unterschieden der maximalen Flughöhen sowie der Median- und Mittelwerte zeigt. Besonders anschaulich wird dies bei den statistisch gut abgesicherten Beobach-

tungsdaten (> 100 Registrierungen) von Rotmilan, Mäusebussard und Schreiadler. Der Rotmilan bevorzugt offenbar niedrigere Flughöhen als der Mäusebussard und steigt auch bei guten Thermikbedingungen nicht so hoch auf wie der Mäusebussard. Die größten Flughöhen innerhalb der Gruppe von Arten mit statistisch gut abgesicherten Daten erreicht der Schreiadler.

Beim **Schreiadler** liegen der Median- und Mittelwert sowie die maximale Flughöhe deutlich höher als bei den anderen untersuchten Arten. Die häufigste registrierte Flughöhe (Modalwert) beim Schreiadler liegt bei 100 m, der Mittelwert beträgt 216.4 m, und das Maximum liegt bei über 3000 m. Die Jagdflüge finden überwiegend in Höhen zwischen 50 und 300 m (GND) statt. Balzflüge und Flüge zur Revierabgrenzung werden in größeren Höhen, in der Regel über 300 m und teilweise weit über 1000 m durchgeführt. Für das Aufsteigen in noch größere Höhen gab es mitunter keine erkennbaren Verhaltensursachen. Die größten geschätzten Flughöhen beim Schreiadler lagen bei über 3000 m (GND). Schätzungen über 1000 m Höhe erwiesen sich als sehr schwierig, da der Schätzfehler mit zunehmender Flughöhe größer wird. Vermutlich gab es teilweise noch Flughöhen, die über 3000 m (GND) lagen.

An 38 Beobachtungstagen wurden beim Schreiadler 39.7 Stunden Flugaktivität registriert und dabei insgesamt 845 Erfassungen der Flughöhe vorgenommen (Tab. 2). Zwar spielte sich der größte Teil der Flüge (77,26 %) unterhalb von 300 m ab, jedoch beweist der bei immerhin über 22 % liegende Anteil der Flughöhen oberhalb 300 m (nahezu 4 % sogar über 1000 m), dass trotz der Anhebung der Mindestflughöhe für den militärischen Tiefflug immer noch ein relativ hohes Vogelschlagrisiko besteht.

Tab. 1: Statistischer Überblick über die registrierten Flughöhen
(Median-Wert = Zentralwert)

Art	Median (m GND)	Mittelwert (m GND)	Standardabw. (m)	Maximum (m GND)	Anzahl der Registrierungen
Greifvögel					
Schreiadler	100,0	216,4	334,8	3000	844
Secadler	350,0	666,1	915,1	3000	9
Mäusebussard	70,0	132,1	214,1	1300	157
Rotmilan	50,0	93,4	145,2	1000	211
Rohrweihe	40,0	61,4	58,4	250	35
Wespenbussard	80,0	91,5	59,0	250	26
Habicht	70,0	81,4	63,3	150	3

Sperber				100	2
Schwarzmilan				50	2
Turmfalke				30	1
Weitere Arten					
Kranich	40,0	146,1	250,7	1000	18
Kolkrabe	80,0	112,7	113,7	500	15
Weißstorch	70,0	121,8	129,4	400	23
Nebelkrähe				250	2
Ringeltaube	70,0	123,3	110,1	250	3
Graugans				150	2
Stockente				150	2
Kiebitz	30,0	37,5	27,4	100	10
Graureiher				50	2

Tab. 2: Anteil verschiedener Höhenbänder an der registrierten Gesamtflugdauer beim Schreiadler

Höhenband (m GND)	Anteil an der Gesamtflugdauer (%)
= 50	19,96
> 50 - = 100	33,09
> 100 - = 300	24,21
> 300 - = 500	10,54
> 500 - = 1000	8,42
> 1000	3,78

Vom **Secadler**, der ebenfalls Flughöhen bis 3000 m (evtl. auch mehr) erreichte, lagen lediglich 9 Beobachtungen vor, so dass diese Art wegen fehlender statistischer Signifikanz nicht näher in die Betrachtungen einbezogen wird.

Die einzigen weiteren Greifvogel-Arten, bei denen Flughöhen von 1000 m oder darüber beobachtet wurden, sind der Mäusebussard und der Rotmilan. Wegen der hohen Populationsdichte dieser beiden Arten handelt es sich daher bei ihnen um die für den Flugbetrieb gefährlichsten Greifvögel.

Die registrierten maximalen Flughöhen der anderen in den Untersuchungsgebieten vorkommenden Greifvögel (Rohrweihe, Wespenbussard, Habicht, Sperber, Schwarzmilan und Turmfalke) lagen deutlich unterhalb 500 m.

Aus der Gruppe der "Weiteren Arten" wurden erwartungsgemäß die größten Flughöhen bei den Arten registriert, die den Segelflug bevorzugen. Hierzu gehören Kranich, Weißstorch und Kolkkrabe. Die übrigen Arten sind ausgesprochene Ruderflieger und können von der Thermik nicht in dem Maße profitieren wie die Segelflieger. Von den Segelfliegern wurde nur der Kranich oberhalb von 500 m beobachtet. Der Kolkkrabe erreichte ca. 500 m und der Weißstorch ca. 400 m als maximale Flughöhe. Bei beiden Arten sind jedoch Literaturangaben (z.B. SCHUBERT, 1957) und eigenen früheren Beobachtungen zufolge auch noch deutlich größere Flughöhen bekannt. Die ermittelten Flughöhen der übrigen Arten lagen nicht über 250 m, was weitgehend auch den aus der Literatur bekannten Werten entspricht (bei den Gänsen sind allerdings auf dem Zug auch größere Höhen zu erwarten).

3.2.1 Tages- und jahreszeitliche Unterschiede

Aus Abb. 4 geht hervor, dass es tageszeitlich bedingte Unterschiede bei der Flughöhe der **Schreiadler** gibt. So sind im Tagesgang in der Darstellung als 5 periodisch gleitender Durchschnitt folgende 4 Phasen mit höheren Werten erkennbar: gegen 10.00 Uhr, gegen 11.30 Uhr, gegen 13.00 Uhr und zwischen 15.00 und 17.00 Uhr.

Im Verlauf der Beobachtungsperiode 1996 sind von Juni bis August keine jahreszeitlich bedingten Unterschiede der Flughöhen erkennbar (Abb. 5). Einen Anstieg der mittleren Flughöhen gibt es jedoch im Monat September mit auffallend häufigen Höhenflügen. Aus diesen Höhenflügen heraus erfolgt schließlich auch bei günstigen Thermikbedingungen der Abzug ins Winterquartier. Während der Beobachtungsphase 1997 traten im Monat Juni überdurchschnittlich häufig Höhenflüge auf. Im Jahr 1997 trafen die Schreiadler etwa 14 Tage später aus den Winterquartieren in den Brutgebieten ein. Ein großer Teil der Adlerpaare schritt erst gar nicht zur Brut und hatte somit im Mai/Juni nicht die übliche starke Bindung an die Brutplätze. Hierdurch kam es wahrscheinlich relativ häufig vor, dass benachbarte Reviere überflogen wurden und somit von den Revierbesitzern gehäuft Reviermarkierungsflüge (in der Regel in großen Höhen) unternommen wurden.

Ähnlich wie beim Schreiadler treten auch beim **Mäusebussard** ab Mittag, etwa zwischen 13.30 Uhr und 14.30 Uhr, die größten Flughöhen auf (Abb. 6); sie können während dieser Zeit bis zu 1300 m erreichen. Außerhalb der genannten Zeitspanne wurden nur Höhen bis zu maximal 700 m erreicht, im Mittel lagen diese Werte unterhalb von 200 m Flughöhe.

Die größten Flughöhen des Mäusebussards wurden am 11.06.1996 mit ca. 1300 m

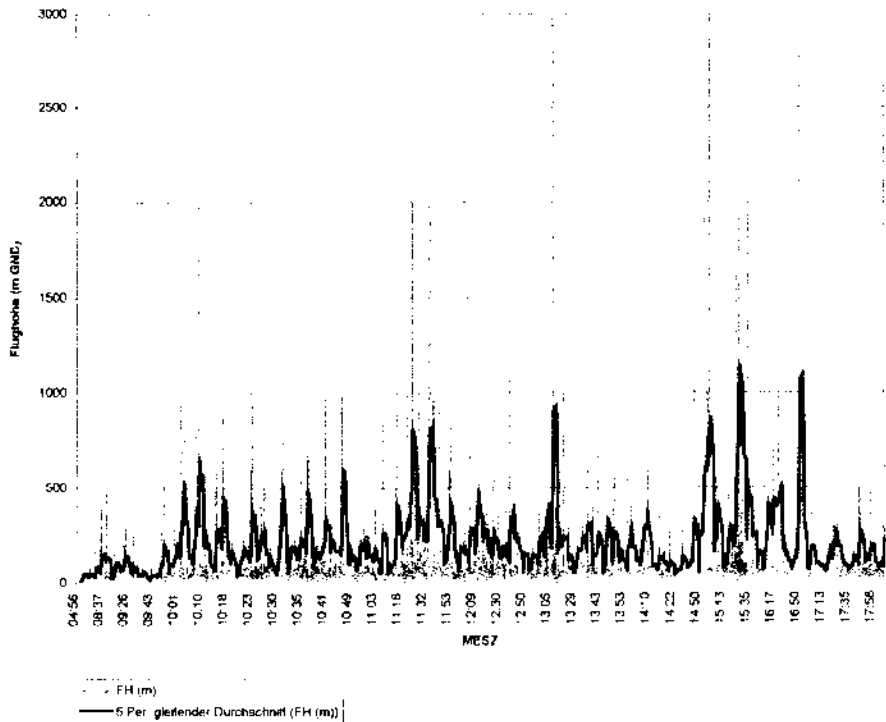


Abb. 4: Flughöhen des Schreiadlers in Abhängigkeit von der Tageszeit

registriert. Flughöhen bis zu 800 m wurden am 10.09.1996 festgestellt. Obwohl diese Höchstwerte deutlich die übrigen Werte überragen, kann noch nicht unbedingt von jahreszeitlich bedingten Unterschieden gesprochen werden (Abb. 7). Hierzu müssten auch Daten aus dem März und April vorliegen, da hier zu erwarten wäre, dass ähnlich wie beim Schreiadler während der Balzphase häufiger hohe Flughöhen gewählt werden. Allenfalls die relativ hohen Flughöhen des Mäusebussards im September können im Zusammenhang mit bevorstehenden oder schon einsetzenden Wanderbewegungen stehen, die wahrscheinlich in größeren Höhen verlaufen.

Auch beim **Rotmilan** wurden im Mittel der Werte die größten Flughöhen ab Mittag zwischen 13.00 Uhr und 14.00 Uhr erreicht. Vereinzelt traten größere Flughöhen auch zwischen 10.00 Uhr und 12.30 Uhr auf.

Im Verlaufe der Beobachtungsperioden wurden beim Rotmilan wie bei den anderen

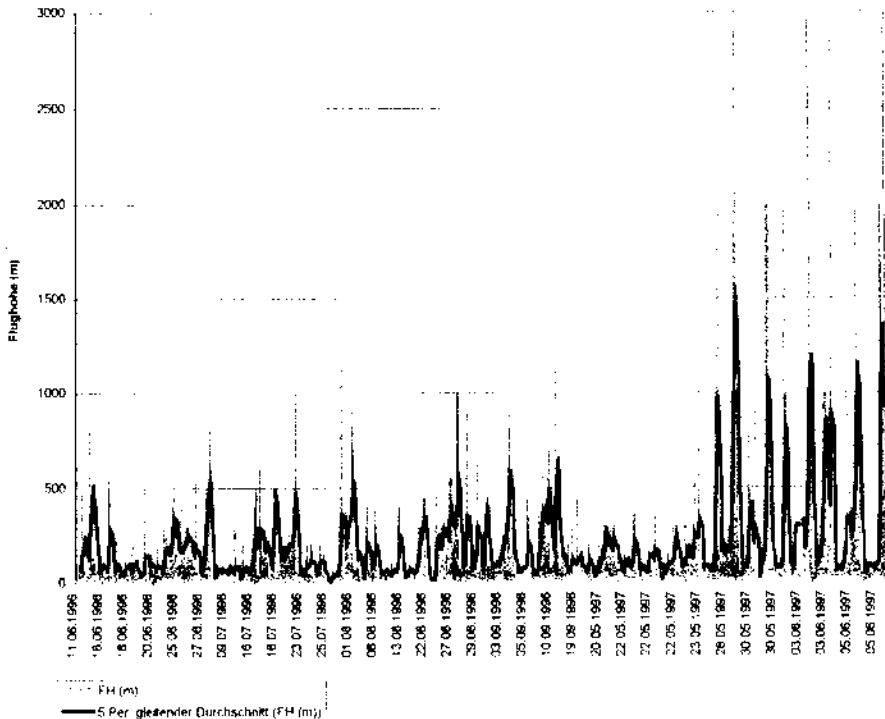


Abb. 5: Flughöhen des Schreiadlers im Verlauf der Beobachtungsperioden

Arten die größten Flughöhen am 11.06.1996 festgestellt. Die Rotmilane stiegen an diesem Tag bis zu 1000 m (GND) auf. Flughöhen bis zu 500 m Höhe (GND) wurden an mehreren Tagen (August/September, aber auch Juni) erreicht. Relativ niedrige Flughöhen wurden im Verlauf des Monats Mai 1997 registriert: an 5 Beobachtungstagen erfolgte keine Registrierung oberhalb 200 m. Jahreszeitlich bedingte Unterschiede der Flughöhe lassen sich auch beim Rotmilan aus den vorhandenen Daten nicht ableiten

3.2.2 Abhängigkeit der Flughöhe von meteorologischen Bedingungen

Neben der bloßen Feststellung der Flughöhen der beobachteten Vögel war von Interesse, die Abhängigkeit der Flughöhen von meteorologischen Parametern statistisch zu überprüfen. Hierzu wurde neben einigen bereits vor Ort erfassten Parametern auch eine Reihe von meteorologischen Daten ausgewertet, die in Laage-Kronskamp er-

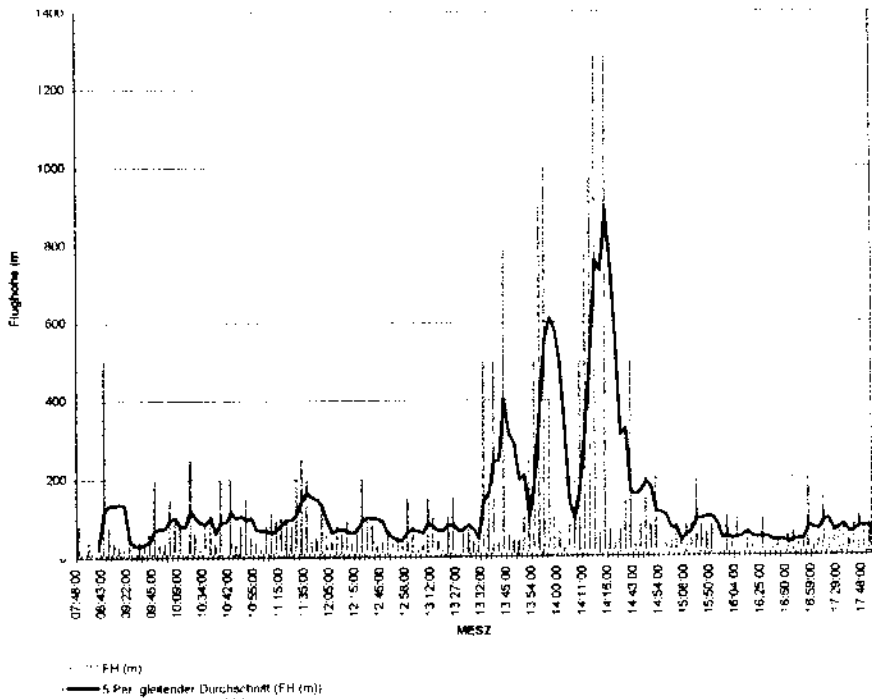


Abb. 6: Flughöhen des Mäusebussards in Abhängigkeit von der Tageszeit

fasst wurden. Ferner wurden die registrierten Flughöhen auch verglichen mit Thermikwerten (Thermikgüte, Steigen m/s), die in Wittstock erfasst wurden.

Zwischen der Flughöhe und den einzelnen Parametern wurde jeweils der Korrelationskoeffizient und die Irrtumswahrscheinlichkeit p (Tabelle nach WEBER, 1961) bestimmt. Die Signifikanz wurde nach folgenden Werten für die Irrtumswahrscheinlichkeit festgelegt:

Irrtumswahrscheinlichkeit (p)	Signifikanz
$> 0,05$	nicht signifikant (-)
$< 0,05 > 0,01$	schwach signifikant (+)
$< 0,01 < 0,001$	gut signifikant (++)
$< 0,001$	hoch signifikant (+++)

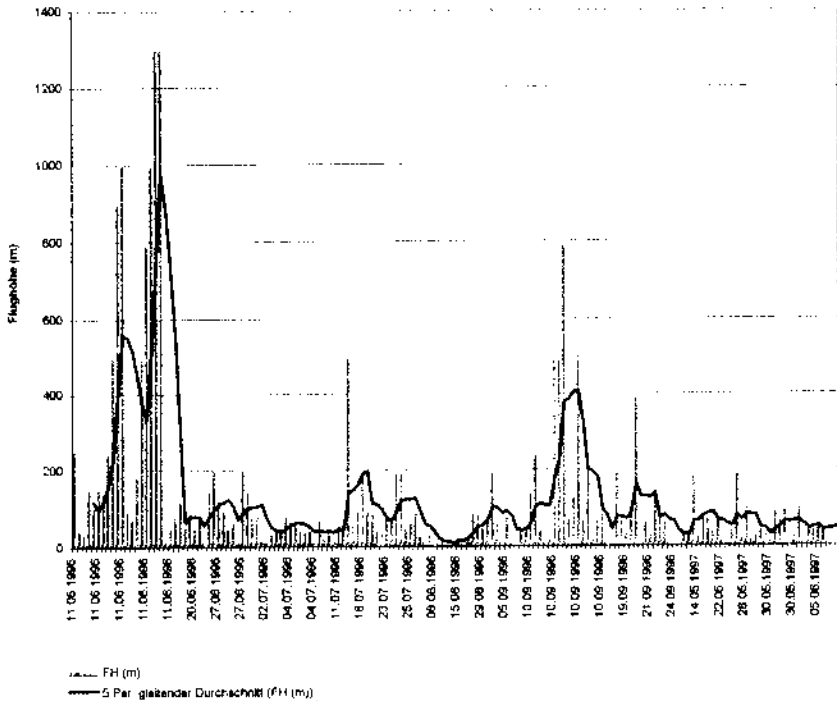


Abb. 7: Flughöhen des Mäusebussards im Verlauf der Beobachtungsperioden

Mit der Tabelle 3 wird ein Überblick über die Korrelationen zwischen den Flughöhen (alle registrierten Daten) und ausgewählten meteorologischen Parametern gegeben. Die in der Tabelle aufgeführten Parameter ohne Ortsbezeichnung wurden jeweils im Beobachtungsgebiet gemessen. Auf den Zusammenhang zwischen den einzelnen Parametern und den jeweils registrierten Flughöhen wird nachfolgend näher eingegangen. Da die meisten Beobachtungswerte für den Schreiadler vorliegen, somit die statistische Absicherung für diese Art am größten ist, wird auf die Zusammenhänge zwischen ausgewählten meteorologischen Parametern und der Flughöhe des Schreiadlers jeweils gesondert eingegangen.

Tab. 3: Korrelation zwischen der Flughöhe (alle Daten) und ausgewählten meteorologischen Daten

Parameter	Anzahl der Freiheitsgrade (n-2)	Korrelationskoeffizient zwischen der Flughöhe (m GND) und ...	Irrtumswahr- scheinlichkeit p
T (°)	1383	0,1605	<0,001
WR (°)	980	-0,0239	>0,05
WG (m/s)	1376	-0,1034	0,001
Ndschl.	1371	-0,0783	0,0027
T (°)/Laage	1383	0,1374	<0,001
HE/Laage	1332	0,0473	>0,05
ff/Laage	1383	-0,1015	0,001
N/Laage	1383	-0,1234	<0,001
NT/Laage	1383	-0,1245	<0,001
AC/Laage	878	0,0215	>0,05
HC/Laage	878	0,0727	0,05
RF/Laage	1383	-0,1815	<0,001
Thermikgüte/ Wittstock	1383	0,1961	<0,001
Steigen in m/s/ Wittstock	1383	0,1994	<0,001

Erläuterungen

T (°C): im Untersuchungsgebiet gemessene Lufttemperatur (2 m GND)

WR: im Untersuchungsgebiet gemessene Windverteilung (2 m GND)

WG: im Untersuchungsgebiet gemessene Windgeschwindigkeit (2 m GND)

Ndschl. am Flugplatz Laage gemessener Niederschlag

HE: Höhe der ersten Wolkenschicht über Grund

ff: Windgeschwindigkeitsmittel der letzten 10 min in 10 m über Grund

N: Gesamtbedeckungsgrad

NT: Bedeckungsgrad an tiefer od. mittl. Bewölkung

AC: Art der Cumulus-Bewölkung

HC: Höhe der Untergrenze der Cumulusbewölkung

RF: rel. Luftfeuchtigkeit (2 m GND)

3.2.3 Lufttemperatur

Die Lufttemperatur ist mit der Flughöhe hoch signifikant positiv korreliert, d.h., je höher die Lufttemperatur ist, um so größere Flughöhen sind zu erwarten. Die Aussa-

ge trifft sowohl für die vor Ort als auch für die in Laage-Kronskamp gemessenen Temperaturen zu.

Auch die maximale Flughöhe des **Schreiadlers** ist mit der Lufttemperatur positiv korreliert. Die Irrtumswahrscheinlichkeit p ist jedoch nicht so gering wie bei der Auswertung aller Flughöhendaten, so dass die Korrelation nur schwach signifikant ist. Unterhalb von 10°C erreichten die maximalen Flughöhen in keinem Fall mehr als 500 m (GND). Erst ab 10°C traten maximale Flughöhen oberhalb von 500 m (GND) auf. Die größten Flughöhen wurden zwischen 14°C und 24°C registriert.

3.2.4 Windrichtung/Windgeschwindigkeit

Zwischen der Windrichtung (vor Ort bestimmt) und der Flughöhe konnte keine signifikante Korrelation festgestellt werden.

Die Windgeschwindigkeit dagegen ist mit der Flughöhe gut signifikant negativ korreliert, d.h., je niedriger die Windgeschwindigkeit ist, um so größere Flughöhen sind zu erwarten. Die vor Ort und die in Laage-Kronskamp ermittelten Werte ergeben einen nahezu identischen Korrelationskoeffizienten, so dass diese Aussage für beide Messreihen gilt.

Bei **Schreiadler** traten Flughöhen oberhalb 500 m (GND) bei Windstärken = 5 m/s auf, eine Häufung von hohen Flügen (> 500 m GND) war allerdings erst zwischen 2 und 4 m/s zu verzeichnen.

3.2.5 Niederschläge

Diese sind ebenfalls gut signifikant negativ korreliert, was auch den Felderfahrungen entspricht, dass bei Niederschlägen bzw. mit zunehmenden Niederschlägen geringere Flughöhen zu erwarten sind.

3.2.6 Gesamtbedeckung und Bedeckungsgrad an tiefer und mittlerer Bewölkung

Die Gesamtbedeckung (bestimmt in Achteln) ist mit der Flughöhe hoch signifikant negativ korreliert. Das bedeutet, dass mit zunehmender Bewölkung geringere Flughöhen zu erwarten sind.

Die tiefe und mittlere Bewölkung absorbiert einen hohen Anteil der Sonnenstrahlung und beeinflusst dadurch wesentlich die Thermikausbildung in einem Gebiet. Dieser Parameter ist folgerichtig mit der Flughöhe ebenfalls hoch signifikant positiv korre-

liert. Mit abnehmender unterer und mittlerer Bewölkung sind demzufolge zunehmende Flughöhen zu erwarten.

3.2.7 Relative Luftfeuchtigkeit

Die relative Luftfeuchtigkeit (gemessen in 2 m Höhe) ist mit der Flughöhe sehr eng korreliert. Zwischen beiden Parametern besteht eine hoch signifikante negative Korrelation. Bei einer geringen relativen Luftfeuchtigkeit in Bodennähe sind offenbar günstige Thermikbedingungen gegeben, die zu größeren Flughöhen führen.

Auch beim **Schreiadler** besteht zwischen der bodennahen relativen Luftfeuchtigkeit und der Flughöhe ein sehr enger Zusammenhang. Beide Parameter sind hoch signifikant negativ korreliert. Bei über 80% relativer Luftfeuchtigkeit wurden keine maximalen Flughöhen mehr oberhalb von 500 m (GND) registriert. Die größten Flughöhen traten beim Schreiadler bei Werten zwischen 45% und 75% relativer Luftfeuchtigkeit auf.

3.2.8 Gewitterfronten

Bei Vorrücken von Gewitterfronten in das Beobachtungsgebiet konnte wiederholt beobachtet werden, dass verschiedene Greifvögel (Schreiadler, Rotmilan, Mäusebusard) vor der Gewitterfront in Aufwinde gerieten und offenbar unbeabsichtigt in sehr kurzer Zeit Flughöhen bis über 1000 m (GND) erreichten. Die Aufstiegs geschwindigkeit betrug hierbei ca. bis zu 7 m/s (400 m/min). Bei diesen Beobachtungen handelt es sich um Einzelbeobachtungen, die keiner statistischen Auswertung zugeführt wurden.

3.2.9 Thermikgüte/Steigen

Angaben zur Thermikgüte, die aus dem Steigen der Luft (m/s) ermittelt wird, lagen vom Geophysikalischen Messzug in Wittstock vor. Wittstock liegt ca. 80-95 km südwestlich von den Untersuchungsgebieten entfernt und offenbar in den meisten Fällen im selben Wetterfeld.

Sowohl die grob klassifizierte Thermikgüte als auch die genaueren Werte des Steigens sind mit der Flughöhe sehr eng korreliert. Zwischen der in Wittstock gemessenen Steiggeschwindigkeit, der daraus abgeleiteten Thermikgüte und der Flughöhe besteht eine hoch signifikante positive Korrelation. Mit zunehmender Steiggeschwindigkeit und Thermikgüte sind demzufolge größere Flughöhen zu erwarten.

Beim **Schreiadler** wurde zwischen der Thermikgüte/Steigen und der Flughöhe ebenfalls eine hoch signifikante Korrelation ermittelt. Bei den täglichen maximalen Flughöhen zu den entsprechenden Thermikangaben (Abb. 8) liegen unterhalb der Thermikgüte 2 die Flughöhen nur 3 mal oberhalb von 500 m (GND). Bei der Thermikgüte = 2 gibt es 15 maximale Flughöhen, die oberhalb von 500 m (GND) liegen

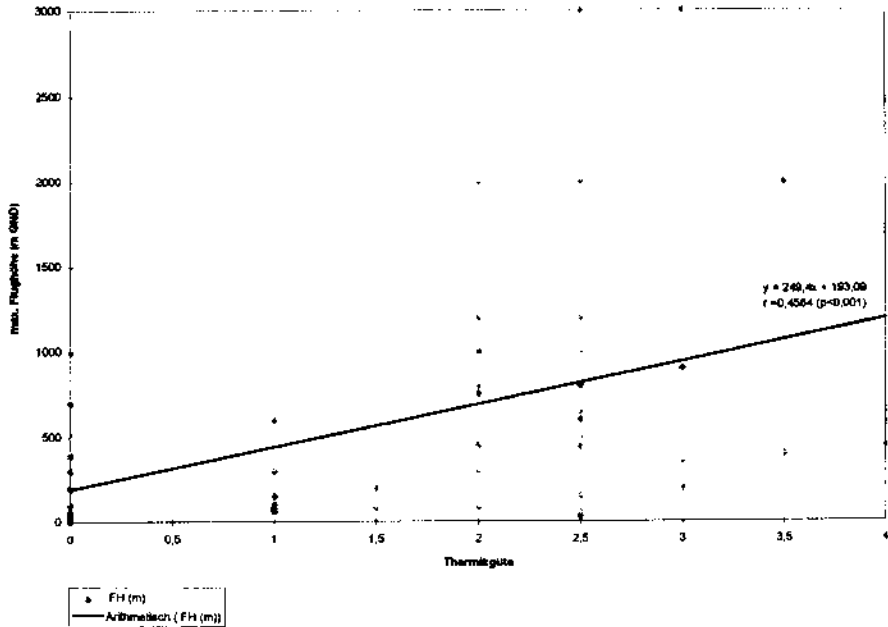


Abb. 8: Thermikgüte und maximale Flughöhe beim Schreiadler

4. Diskussion

Die Verteilung der Vogelschläge mit den Thermikfliegern unter den Greifvögeln deutet aufgrund der Schwerpunkte, die hinsichtlich der Höhe wie auch der Jahres- und Tageszeit festzustellen sind, darauf hin, dass die Wahl der Flughöhen durch die Vögel nicht einer Zufallsverteilung unterliegt, sondern aktiv erfolgt, wobei die Steuerung offensichtlich nicht nur von der individuellen Disposition, z.B. Hormonpegel, abhängt, sondern auch von äußeren - also meteorologischen - Faktoren sehr wesentlich beeinflusst wird.

Die Zeit, zu der im Frühjahr große Flughöhen bei der Balz und der Revierabgren-

zung/-verteidigung erreicht werden, variiert von Vogelart zu Vogelart. Bei Stand- oder Strichvögeln wie dem Mäusebussard, die ihre Reviere bereits zum Ende des Winters besetzen, finden diese hohen Flüge zwischen Ende Februar und Anfang April statt; sie sind der Grund für die Häufung der Vogelschläge im 1000 ft - Höhenband im März. Bei Fernziehern wie z.B. dem Wespenbussard und dem Schreiadler, die erst ab Mitte April in die Brutheimat zurückkehren, tritt diese Phase entsprechend später ein, sie wirkt sich wegen der geringen Populationsdichte allerdings kaum auf die Vogelschlagzahlen aus. In Abhängigkeit vom aktuellen Witterungsverlauf, z.B. bei überdurchschnittlich langanhaltenden winterlichen Verhältnissen, kann es allerdings mitunter bei beiden Gruppen zu mehrwöchigen Verschiebungen im Ablauf dieser durch den Fortpflanzungszyklus gesteuerten Aktivitäten kommen.

Der Vergleich zwischen der Höhenverteilung der Vogelschläge und dem Flugverhalten des Schreiadlers zeigt, dass diese Vogelart das generelle Verhalten thermikfliegender Greifvögel sehr gut repräsentiert, denn mit 22% liegt die Aufenthaltsdauer im Luftraum oberhalb 300 m bei exakt dem gleichen Wert wie der Anteil der Vogelschläge in größeren Höhen. Die Unterschiede, die gemäß Tabelle 1 zwischen Schreiadler und Mäusebussard zu bestehen scheinen, wären wahrscheinlich wesentlich weniger deutlich ausgefallen, hätte sich die Beobachtungsperiode auch auf die Zeit ausgeprägtesten Balz- und Territorialverhaltens des Mäusebussards erstreckt.

Während der Brutzeit - die Bebrütungsphase liegt beim Mäusebussard im Wesentlichen im April - nimmt die Häufigkeit der hohen Flüge deutlich ab und erhöht sich erst wieder im Juli/August, sie finden dann bis in den Oktober statt (CRAMP & SIMMONS, 1980). Dies Verhalten findet seinen Niederschlag in der Höhenverteilung der Vogelschläge, die im April eine besondere Konzentration im Höhenbereich von 500 ft und darunter aufweisen und nach einem zwischenzeitlichen Minimum im Juni (die Jungen benötigen in dieser Phase besonders viel Nahrung, es bleibt den Altvögeln weniger Zeit für Schauflüge) zum Herbst hin bis in große Höhen wieder stark ansteigen.

Die beim Schreiadler, Rotmilan und besonders beim Mäusebussard festgestellte Präferenz großer Flughöhen in den Mittagsstunden zwischen 13 und 15 Uhr MESZ (= 11 bis 13 Uhr Z) manifestiert sich auch in der Häufung der Vogelschläge während dieser Zeit (Abb. 3), sie hängt zusammen mit der sich gegen Mittag hin verstärkten Thermik.

Im Gegensatz zu den zur Vermeidung von Vogelschlägen als BIRDTAM aufgrund von Radar- oder visuellen Beobachtungen verbreiteten Warnungen vor intensivem Vogelzug sind gezielte Warnungen vor den meist einzeln, allenfalls in Paaren oder

Familienverbänden fliegenden Greifvögeln wegen deren geringer räumlicher Dichte nicht möglich. Ausgehend von den Ergebnissen der Beobachtungen lassen sich jedoch Angaben darüber machen, wann die Wahrscheinlichkeit besonders groß ist, dass sich die Thermikflieger unter den Greifvögeln auch in den Höhenbereichen aufhalten, die selbst nach Anhebung der Mindestflughöhe noch für den militärischen Tiefflug genutzt werden. In Jahren mit normalem Witterungsverlauf sind als besonders kritisch anzusehen die Monate März bis etwa Mitte April sowie August und September und in dieser Zeit an Tagen mit guter Thermik vor allem die Mittagsstunden.

Da Flugaktivitäten oberhalb von 500 ft (ungefähr 150 m) aber insgesamt deutlich seltener sind als Höhenflüge (s. Abb. 6), ist - ein hinreichend langer Zeitraum vorausgesetzt - mit einer auch statistisch signifikanten Abnahme der Vogelschläge mit Bussarden zu rechnen, wie sich dies bereits in der in den letzten Jahren festzustellenden Verschiebung der Relation zwischen Falken und Bussarden angedeutet hat.

Danksagung

Die Feldarbeit wurde wesentlich unterstützt durch C. Rohde, A. Knack und I. Schirrow; Frl. A. Knack übernahm ferner einen großen Teil der Datenaufbereitung und Dateneingabe, G. Lettl erstellte die Graphiken zur Verteilung der Vogelschläge.

Literatur

CRAMP, S. & K.E.L. SIMMONS (1980): Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa. Vol. 2. Oxford Univ. Press, Oxford.

GLUTZ von BLOTZHEIM, U. (Hrsg.) (1989): Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Bd. 4: Falconiformes. Aula-Verlag, Wiesbaden.

KÜSTERS, E. (1993): Fünfzehn Jahre Vogelrestbestimmung im Amt für Wehrgeophysik. Vogel u. Luftverkehr 13 (1), 36 - 47.

MITCHELL, K.D.G. (1964): Further observations of birds from aircraft. Brit. Birds 57, 315 - 324.

SCHUBERT, H.-J. (1957): Über Begegnungen von Vögeln mit Flugzeugen. Beitr. z. Vogelk. 5.1/4, 188 - 200.

WEBER, E. (1961): Grundriss der biologischen Statistik. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.

Anschriften der Verfasser:

Dr. Wolfgang Scheller
Danschowstr. 16
17166 Teterow

Dr. Ekkehard Küsters
Friedhofstr. 9
56841 Traben-Trarbach



Bird strike avoidance school...