

Territorialität und Brutbiologie der Feldlerche *Alda arvensis* in extensiv bewirtschafteten Wiesen des Flughafens Zürich-Kloten

Michael Griesser und Johann Hegelbach

Territoriality and breeding biology of Sky Larks *Alda arvensis* in not intensively managed meadows at Zurich-Kloten airport. – In 1995 and 1996 we investigated the Sky Larks breeding in the meadows close to the airport's main runways. Within the 95 ha study area, 21 males occupied territories with an average size of 2.2 ± 0.8 ha: size increased significantly from April to June and decreased in July. Females bred (at least) 1.9 times per season. Out of 32 nest sites, 27 had a vegetation height of 10–40 cm and a ground cover of 20–50 %. Clutch size (mean 3.6 ± 0.6 ; $n = 32$) did not differ from that reported in the literature. Out of 115 eggs 64 nestlings hatched, from which 53 young left the nest. Flooded ground after heavy rainfall was the main reason for egg and nestling loss. Breeding success (fledglings per mean number of adult pairs) was 1.4 in 1995 and 2.3 in 1996 and was slightly higher than in intensively farmed areas.

Key words: *Alda arvensis*, breeding success, low-intensity cultivation, nest site selection, ground nesting, territory size.

Michael Griesser: E-mail: michael.griesser@zoologi.uu.se; Dr. Johann Hegelbach, Zoologisches Museum der Universität Zürich-Irchel, CH–8057 Zürich. E-mail: hegz@zoolmus.unizh.ch

Die Landwirtschaft hat sich seit den Fünfzigerjahren stark verändert. Die einst vielfältige Kulturlandschaft wurde durch den intensivierten Anbau monotoner. Der Verlust von Brachen, Feld- und Wegrändern führte zuerst zum Ausbleiben von stärker spezialisierten Vogelarten, schliesslich auch zum Bestandsrückgang von Kulturfolgern. Bis in die Siebzigerjahre hat die Feldlerche diese Entwicklung gut überstanden. Erst danach brachen die Bestände ein, und bis 1990 nahmen sie in Grossbritannien, den Niederlanden und Deutschland um mehr als 50 % ab (Tucker & Heath 1994, Hagemeyer & Blair 1997). In der Schweiz hatten bereits Zbinden (1989) und Schifferli (1993) auf den Bestandsrückgang aufmerksam gemacht. Die Gründe dieser Abnahme wurden von Schläpfer (1988) und Jenny (1990a, 1990b) untersucht. Nach diesen Studien hinterlassen die Feldlerchen der intensiv genutzten Agrarlandschaft nicht genügend Nachwuchs, mit der Folge, dass diese Populationen nicht selbsterhaltend sind. Überdies zeigte Jenny (1990a), dass die Feldlerche solche Gebiete nur mit einem flexiblen Reviersystem besiedeln kann. Die neu-

erdings aufgrund des Landwirtschaftsgesetzes geförderte Extensivierung von Wiesen gewinnt deshalb an Bedeutung. Extensiv bewirtschaftete Wiesen kommen dem ursprünglichen Habitat dieser Bodenbrüter näher, und sie sind eine erfolgversprechende Schutzmassnahme (Donald et al. 1998).

Aus Gründen der Flugsicherheit wird seit 1986 ein grosser Teil des Geländes des Flughafens Zürich-Kloten nur noch zurückhaltend bewirtschaftet. Ziel unserer Arbeit war, die Eignung dieses Ersatzbiotopes für die Feldlerche zu überprüfen, zumal auch auf anderen Flughäfen unserer Breiten die Feldlerche geradezu ein Charaktervogel ist (Cramp 1988, Simms 1992). In diesen Ersatz-Offengebieten ist sie häufig mit der Graumammer *Miliaria calandra* assoziiert – diese Art ist mit analogen Problemen konfrontiert (Donald et al. 1994). Von beiden Arten leben seit Jahrzehnten Populationen auf dem Gelände des Flughafens Zürich (Glutz 1962).

1. Untersuchungsgebiet, Material und Methode

1.1. Untersuchungsgebiet

1.1.1. Der Flughafen, Betrieb, Anlage

Der Flughafen Zürich-Kloten liegt auf 420 m ü.M. im unteren Glatt-Tal, 15 km nördlich der Stadt Zürich. 1946 wurde mit dem Bau des Flughafens begonnen, und danach wurde er in mehreren Bauphasen vergrössert: 1961 wurde die Blindlandepiste auf 3700 m verlängert, 1976 die neue V-Piste erstellt (Hegelbach 1999). Im Normalfall werden die Flugzeuge von Norden zur Landung auf eine dieser beiden Hauptpisten eingewiesen. Dabei durchfliegen alle Maschinen den Luftraum über den Feldlerchenrevieren in geringer Höhe, allerdings mit gedrosselten Triebwerken und nur wenig über der Landegeschwindigkeit. Heute fliegen täglich rund 600 Grossflugzeuge den Flughafen an; in der Hauptverkehrszeit landet alle 3 Minuten eine Maschine (Meier 1988).

Die Feldlerchen verhalten sich dem Flugbetrieb gegenüber indifferent. Ausweichmanöver oder gar Schreckreaktionen sind nur selten zu sehen. Am auffälligsten sind die Folgen der Wirbelschlepe (verursacht durch den an den Flügelspitzen auftretenden induzierten Widerstand; Nachtigall 1987), die jedes Flugzeug beim Landen hinter sich herzieht. Durch diese heftigen Böen wird den am Boden sitzenden Vögeln das Gefieder aufgewirbelt. Während des Singfluges werden die Feldlerchen gelegentlich davon erfasst und kurzzeitig aus ihrer Bahn geworfen. Sie scheinen sich dadurch nicht stören zu lassen.

1.1.2. Geographie, Landschaft

Das Klotener Riet ist nebst dem Chatzensee und dem Steimaure-Neeracher Riet die dritte dieser flachen Senken im Kern des Zürcher Unterlandes. Sie alle sind typische Elemente der glazial geprägten Moränenlandschaft dieser Region. Vor dem Bau des Flughafens war das Klotener Riet ein nicht meliorierter Teil des damaligen Artillerie-Waffenplatzes (Meier 1988, Hegelbach 1999). Der Himmelbach entwässerte die rund 12 km² grosse, flache Senke

in die Glatt. Eine beschränkte landwirtschaftliche Tätigkeit kam nur am östlichen Rand vor. Während der ersten Etappen des Flughafenbaus wurde das gesamte Pistengelände trockengelegt und planiert. Kleinere Moränen wurden abgetragen und zum Auffüllen von Senken verwendet. Als bauseits willkommener Nebeneffekt wurde bei diesen maschinellen Einsätzen der Boden verdichtet. Das Erdreich ist aufgrund seiner Herkunft als Riedgrund wenig porös und kaum wasserdurchlässig. Durch die Umschichtung hat es sich weiter verfestigt.

1.1.3. Bewirtschaftung des Flughafenareals

Im gesamten, 740 ha grossen Flughafenareal befanden sich während unserer Untersuchung 280 ha extensiv genutzte Wiesen. Davon wurden 180 ha durch die Grünflächen-Mannschaft der Flughafendirektion und 100 ha von Pächtern bewirtschaftet. Zusätzlich wurden 100 ha als Ackerland genutzt. Aus zoll- und sicherheitstechnischen Gründen ist das ganze Flughafenareal umzäunt. Dank einer Ausnahmebewilligung war es für uns zugänglich.

1.1.4. Untersuchungsgebiet Schneise

Als Schneise bezeichnen wir die nördlich der Blindlandepiste liegende Fläche von rund 80 ha, die innerhalb des Flughafenareals liegt und aus extensiv genutzten Wiesen besteht. Davon werden 60 ha von Pächtern gemäss Auflagen der Flughafendirektion bewirtschaftet. Seit 1987 werden diese Wiesen nicht mehr gedüngt und jährlich nur ein- bis zweimal geschnitten; die erste Mahd wird ab Mitte Juni, die zweite ab Anfang August zugelassen. 1995 erfolgte die erste Mahd zwischen dem 6. Juli und dem 2. August, 1996 zwischen dem 16. Juni und dem 17. Juli. Die übrigen 20 ha sind Sicherheitsflächen (ein 50 m breiter Streifen entlang der Pisten, welcher nur bei stillgelegtem Flugverkehr betreten werden darf); sie werden nur einmal pro Jahr durch die Flughafenverwaltung geschnitten. Hinter den Pisten stehen Reihen von Scheinwerfern in 30 m Abstand als Markierungen für den Sichtanflug. Damit diese Lampen ihre Funktion erfüllen können, wird hier die Vegetation alle 3–4 Wochen geschnit-

ten (Mulchflächen). Pflanzensoziologisch ist die Schneise eine wechsellückige bis feuchte Glatthaferwiese mit artenreichen Abschnitten (Voser 1997). Die Fläche ist auf der Luftaufnahme in Hegelbach (1999) im Vordergrund vor der Blindlandepiste (rechts) erkennbar.

1.1.5. Untersuchungsgebiet Rollweg

3 km südlich der Schneise, zwischen der V-Piste und zwei Rollwegen, liegt die 15 ha grosse Fläche Rollweg. Das Vegetationsbild ist deutlich zweiteilig: 7 ha wurden bis 1996 gedüngt und jährlich 2–3-mal geschnitten. Der Boden ist mit Nährstoffen gesättigt, und die Vegetation ist fettwiesenartig. Der andere Teil von 8 ha ist Sicherheitsfläche und wird dementsprechend einmal pro Jahr geschnitten. Pflanzensoziologisch wird die Fläche Rollweg als wechselfeuchte bis feuchte Glatthaferwiese bezeichnet (Voser 1997).

1.1.6. Klima

Im unteren Glatt-Tal herrscht typisches Mittelland-Klima. Es nimmt eine Mittelstellung zwischen ozeanisch beeinflusstem und kontinentalem Klima ein. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 9,6 °C, die mittlere jährliche Niederschlagsmenge 987 mm. Die Tage mit maximalem Niederschlag liegen in der Regel zwischen Mai und August. In diesen 4 Monaten fallen 45 % des Jahresniederschlags. Zwischen April und Juni (während der Brutsaison) zählt man im Mittel 17,2 Tage mit Gewittern (1995 an 18 und 1996 an 20 Tagen). Nach einem heftigen Gewittertag, wie beispielsweise am 11. Juli 1995 (59,4 mm Niederschlag in 24 Stunden, darunter ein extremes Stunden-Maximum von 48,7 mm), stehen die Wiesen der Schneise für mehrere Tage unter Wasser. Die Messreihen werden von der Station der Meteo-Schweiz im Flughafen aufgenommen.

1.2. Material und Methoden

Definitionen: Unter Revier verstehen wir hier die Fläche, die gegen andere ♂ verteidigt wird, in der die Singwarten für den Bodengesang liegen und über der beim Flugesang gekreist

wird (Oelke 1968). Im Revier wird gebrütet, und in der Regel wird es zur Nahrungssuche nicht verlassen.

Jungvögel in der Phase des Nestverlassens bezeichnen wir als Flügglinge. Ihre Zahl bestimmten wir bei der letzten Nestkontrolle (höchstens 2 Tage vor dem Nestverlassen). Bei Nestern, die in den Sicherheitsflächen lagen, mussten wir diese Zahl aufgrund der Fütterungsorte der Altvögel unmittelbar nach dem Ausfliegen festlegen.

1995 und 1996 sammelte MG von Ende Februar bis Mitte August im Gebiet Schneise die Daten zur Brutbiologie und Territorialität (Griesser 1996). Im Gebiet Rollweg wurden nur Daten zur Territorialität erhoben. Beobachtet wurde an 4 bis 7 Tagen pro Woche, mindestens während der ersten Tageshälfte. Zur Nestersuche benutzten wir ein Tarnzelt. Aus Zeitgründen verzichteten wir auf Farbberingung, weshalb die Identität der einzelnen Vögel nicht nachweisbar ist.

Zur Ermittlung der Reviergrösse protokollierten wir von Mitte März bis Anfang August pro Revier 30 Minuten lang die durch Singflüge abgedeckte Fläche und alle Interaktionen mit Nachbarn auf einer Karte im Massstab 1 : 5 000. In jedem Revier nahmen wir pro Woche mindestens 4 solche Sequenzen auf. Jeweils nachdem die Jungvögel das Nest verlassen hatten, bestimmten wir am Neststandort im Umkreis von einem Meter die Bodenbedeckung nach Braun-Blanquet (Gehlker 1977), schätzten die durchschnittliche Vegetationshöhe und massen den höchsten Vegetationsteil. Zum Vergleich nahmen wir im Gebiet Schneise in 8 zufällig gewählten Vergleichsflächen einmal pro Woche dieselben Parameter auf. Für jedes Nest notierten wir Gelegegrösse, respektive Anzahl und Alter der Nestlinge. Fanden wir ein Nest erst nach der Eiablage oder während der Bebrütung, so berechneten wir den Legebeginn anhand des Schlupftermins oder des Alters der Nestlinge. Die Gelegegrösse ist immer als minimale Grösse zu verstehen, da die Altvögel taube Eier und gestorbene Nestlinge aus dem Nest schaffen (Mountfort 1939, Weibel 1995) und die Nester nicht genau bei beendeter Eiablage gefunden oder kontrolliert wurden.

2. Ergebnisse

2.1. Territorialität

2.1.1. Revierzahl und Brutbestand

Die Zahl der Reviere zur jeweiligen Jahreszeit war in beiden Jahren unverändert: Im Gebiet Schneise waren 10–16 (1995 während 7 Tagen sogar 17), im Gebiet Rollweg 5 Reviere besetzt. Im Gebiet Schneise blieb jedes Jahr das gleiche Revier bis in den Mai ohne ♀, und 1996 blieb ein ♂ die ganze Saison unverpaart. Am Rollweg wurde 1996 ein Revier bereits Ende Mai aufgegeben, nachdem in einem grossen Teil des Reviers Aushub abgelagert worden war. Die Zahl der Reviere war nicht mit jener der Brutpaare identisch. Im Gebiet Schneise zählten wir in beiden Jahren bis zu 16 revier-

verteidigende ♂. Demgegenüber waren die ♀ immer in der Minderzahl: 1995 registrierten wir 11, 1996 maximal 14 brütende ♀ (siehe Kap. 2.2.3; Tab. 3).

2.1.2. Revierstruktur und -verschiebungen

Die Lage der Reviere der Brutsaison 1995 zeigt Abb. 1. Im folgenden Jahr war Verteilung, Umriss und zeitlicher Ablauf sehr ähnlich, und nur in 4 der 16 Reviere hatten sich von 1995 auf 1996 die Grenzlinien geändert. Bemerkenswert ist das westlich liegende Revier, welches 1995 und 1996 das Flughafenareal überragte und über eine vielbefahrene Autostrasse hinaus in eine Ackerfläche reichte. 1995 und 1996 verminderte sich die Anzahl Reviere von 16 im Mai auf 15 im Juni und

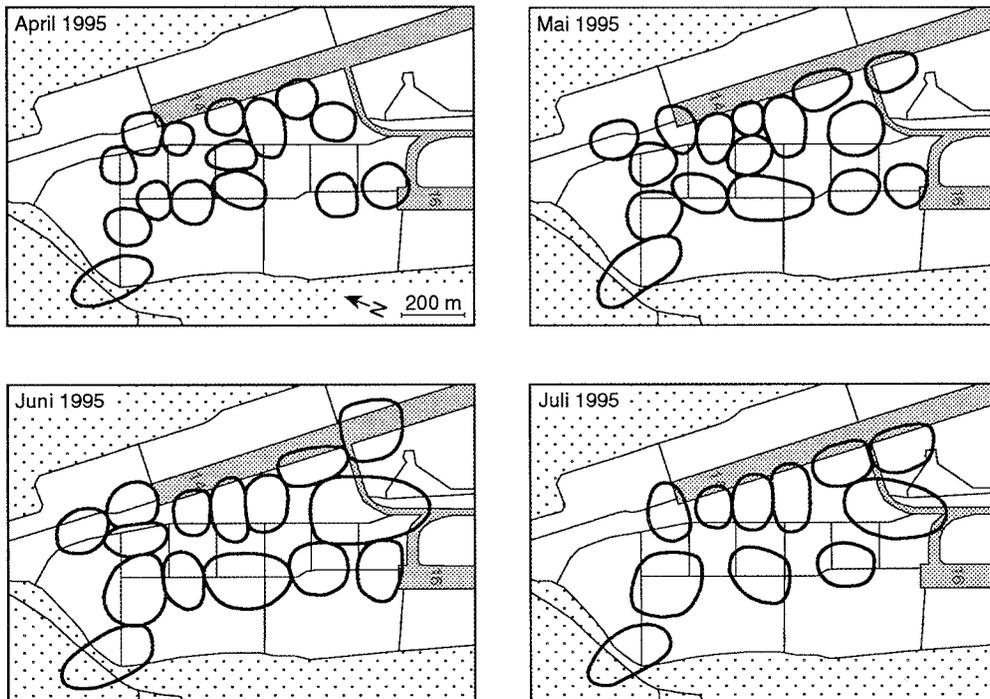


Abb. 1. Reviere der Feldlerchen im Gebiet Schneise des Flughafens Zürich-Kloten. Weiss das eingezäunte Flughafenareal, dunkel die beiden Pisten, Linien zeigen das Weg- und Strassennetz. – Territories of Sky Larks in the meadows close to the runway system at Zurich-Kloten airport. White: fenced airport zone, shaded: the two runways. Solid lines: roads and paths.

Tab. 1. Mittelwerte der Reviergrößen in ha im Verlauf der Brutsaison. Berücksichtigt wurden nur die in allen 4 Monaten besetzten Reviere im Gebiet Schneise. – *Territory size (ha) during the two breeding seasons.*

	April	Mai	Juni	Juli	Brutzeit
1995 (n = 14)	1,3 ± 0,25	1,8 ± 0,55	2,5 ± 0,78	2,2 ± 0,73	2,0 ± 0,58
Extrema	0,9 – 1,7	1,0 – 3,1	1,5 – 4,6	1,5 – 4,0	0,9 – 4,6
1996 (n = 15)	1,9 ± 0,46	2,4 ± 0,66	2,6 ± 1,17	2,8 ± 1,34	2,4 ± 0,91
Extrema	1,2 – 2,7	1,3 – 4,0	1,2 – 6,6	1,3 – 5,1	1,2 – 6,6

10–11 im Juli. Weitere grundsätzliche Änderungen stellten wir nur in einem Fall mit einer grösseren Revierverschiebung Ende April 1996 fest.

2.1.3. Reviergrösse

1995 und 1996 waren die Reviere im Gebiet Schneise im Mittel 2,2 ha (0,9–6,6; n = 29) gross. Im Laufe der Brutsaison veränderten sich die Reviergrößen deutlich (Tab. 1). 1995 wurden sie von April bis Juni signifikant grösser und im Juli tendenziell wieder kleiner (Page's Trendtest, $\alpha < 0,01$). 1996 zeigte sich dasselbe, allerdings ohne signifikante Veränderungen im Juni und Juli. Reviere, die 1995 gross waren, waren dies auch 1996 (Mann-Whitney U-Test, $p < 0,05$).

2.1.4. Habitatstruktur im Revier

♂, in deren Revier sich keine Mulchfläche befand, weiteten ihr Revier im Mai entlang der Wegränder aus, sofern unbesetztes Gebiet vor-

handen war. Wir stellten aber keinen Grössenunterschied zwischen Revieren mit oder ohne Mulchflächen fest (Mann-Whitney U-Test, $p > 0,05$).

2.2. Brutbiologie

2.2.1. Neststandorte

Die Bodenbedeckung in den untersuchten Wiesen war keineswegs homogen. Im Gebiet Schneise wiesen nährstoffreichere Stellen bereits im Mai eine Bodenbedeckung von $> 50\%$ auf, während an feuchten oder mageren Stellen erst im Juni $> 20\%$ erreicht wurden.

Die Feldlerchen bevorzugten Vegetationshöhen von 10–40 cm (Abb. 2). Von 32 Nestern waren nur 5 in über 40 cm hoher Vegetation gebaut worden. Die maximale Vegetationshöhe (einzelne Stengel oder Halme) schien keinen Einfluss auf die Standortwahl zu haben. Die Nester selbst wurden immer am Grund einer dominanten Pflanze gebaut. Dabei war, auch an den dichteren Standorten, immer

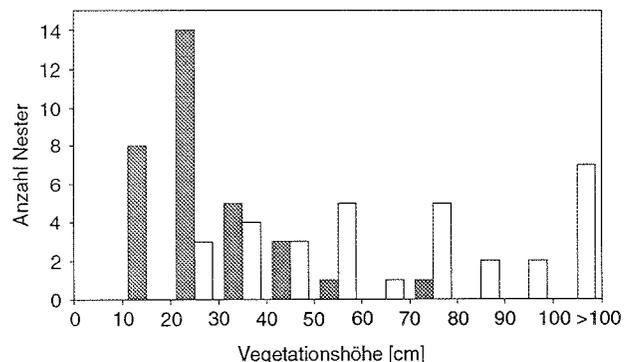


Abb. 2. Höhe der Vegetation am Neststandort (n = 32). Durchschnittliche Höhe in dunklen Balken, die maximale Höhe einzelner Pflanzen in hellen Balken. – *Mean and maximum height of the vegetation in a 1-m-circle around 32 nests.*

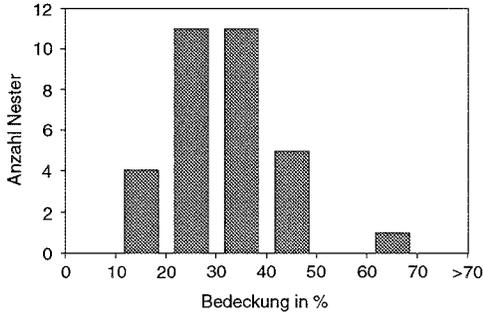


Abb. 3. Bodenbedeckung durch die Vegetation am Neststandort (n = 32). – *Ground cover by vegetation, measured on a 1-m-circle around the nest.*

ein ungehinderter Anflug für die Vögel vorhanden. Nur bei einem Neststandort betrug die Bodenbedeckung über 50 % (Abb. 3). Während der Brutsaison unterschied sich die Bodenbedeckung der Neststandorte von derjenigen der Vergleichsflächen: Von April bis Mai wiesen die Neststandorte eine stärkere Bodenbedeckung auf (31 % vs. 24 %; n = 11), dagegen war im Juni und Juli kein Unterschied auszumachen (36 % vs. 35 %; n = 7; Daten von 1996). Noch stärkere Bodenbedeckung wurde gemieden: Im Gebiet Rollweg lagen alle Nester auf den mageren Böden der Sicherheitsfläche, keines in der Fettwiese.

2.2.2. Ablauf

Von Mitte April bis Anfang August fanden wir 32 Nester, 27 davon vor dem Schlüpfen der Jungen. Mit hoher Wahrscheinlichkeit haben wir alle erfolgreichen Bruten erfasst. 17 weitere Nester konnten wir nur annäherungsweise lokalisieren, weil sie in den Sicherheitsflächen lagen, oder weil sie ausgeraubt respektive durch Nässe zerstört wurden, bevor wir sie erstmals näher gesucht und gefunden hatten. Aus diesem Grund haben wir auf genauere Angaben zum Schlüpf- und Ausfliegerfolg verzichtet. Den frühesten Nestbau beobachteten wir am 7. April 1995 und am 19. April 1996. Das erste Ei wurde am 25. resp. am 21. April gelegt. Die Gelege (n = 32) enthielten 2–5 Eier. Die durchschnittlichen Gelegegrößen der einzelnen Brutmonate zeigten keinen signifi-

kanten Unterschied (Kruskal-Wallis-Test, H = 9,98; Tab. 2).

2.2.3. Bruterfolg

Unter der Annahme, dass wir die Vögel individuell richtig taxierten, machten die ♀ in jedem Jahr 1,9 Brutversuche. Ein ♀ startete sogar 5 Bruten, legte insgesamt 16 Eier und zog schliesslich 6 Flügglinge auf. In beiden Jahren hatte je ein ♀ 3 erfolgreiche Gelege; sie steuerten 23, resp. 24 % der Jungvögel des entsprechenden Jahres bei.

Für die populationsbezogenen Berechnungen setzten wir 1995 die 16 ♂ und 11 ♀ mit ihrem Mittelwert als 13,5 «Adultpaare» ein, die 16 ♂ und 14 ♀ von 1996 dementsprechend als 15,0 «Adultpaare». 1996 war die Nachwuchsrate beinahe doppelt so hoch wie im Jahr zuvor (Tab. 3).

1995 betrug die Verluste durch die Nässe 38,0 %, 1996 nur 13,8 % (Tab. 5). Demgegenüber war 1996 der Verlust durch Prädatoren mit 27,7 % grösser als 1995 mit 16,0 %. Gesamthaft registrierten wir einen Bruterfolg von 46,1 % (Flügglinge bezüglich der Eizahl); 1995 waren es 38 %, 1996 sogar 52,3 %. Von allen gelegten (gefundenen) Eiern schlüpften 7,0 % nicht.

2.2.4 Prädation

Wir konnten keinen Nester direkt beobachten. Ein zerstörtes Gelege zeigte an den Eischa-

Tab. 2. Anzahl und Grösse der Gelege während der Brutmonate der Jahre 1995 und 1996. – *Clutch number and size during the breeding seasons 1995 and 1996.*

	Gelegegrösse (Anzahl Eier)				Anzahl Gelege	Mittlere Gelegegrösse
	2	3	4	5		
April	0	5	0	0	5	3,0 ± 0,00
Mai	1	5	5	0	11	3,4 ± 0,67
Juni	0	1	10	1	12	4,0 ± 0,43
Juli	0	1	3	0	4	3,8 ± 0,50
Total	1	12	18	1	32	3,6 ± 0,61

Tab. 3. Bruterfolg im Gebiet Schneise. – *Breeding success of Sky Larks in the 80 ha-plot «Schneise» in the approach sector of the runway 16. AP is the number of adult pairs, i.e. territorial ♂ plus breeding ♀ divided by 2. The number of fledglings is the number of young leaving the nest.*

		1995	1996	total
Revierbesitzende ♂		16	16	32
Brütende ♀		11	14	25
Adultpaare	AP	13,5	15	28,5
Anzahl Gelege	c	14	18	32
Anzahl Eier		50	65	115
Anzahl Nestlinge		20	44	64
Anzahl Flügglinge	f	19	34	53
Flügglinge pro Gelege	f/c	1,36	1,89	1,66
Nachwuchsrate	f/AP	1,4	2,3	1,9

len Frassspuren, die auf einen Kleinnager deuteten. 1996 vermuteten wir Rabenkrähen als Prädatoren bei 2 Nestern. Ein weiterer potentieller Räuber auf dem Flughafen ist der Fuchs *Vulpes vulpes*. Es besteht aber keine Beziehung zwischen erfolgreichen und ausgeraubten Nestern und der Entfernung zum nächsten Fuchsbau (Vierfeldertafel: $\chi^2 = 0,11$; $p < 0,03$). Im Nest verendete Junge wurden innerhalb von 2–3 Tagen von Wegschnecken *Arion rufus* verzehrt. In einem Fall frass eine dieser Schnecken an einem noch lebenden, von Nässe und Unterkühlung geschwächten Nestling.

4. Diskussion

4.1. Territorialität und Siedlungsdichte

Die kleinsten Feldlerchen-Revier von nur 0,5 ha Fläche fand Delius (1963) in der Dünenlandschaft im NW Englands. Derart kleine Revier und zwangsläufig hohe Dichten sind mittlerweile in Grossbritannien und in Mitteleuropa undenkbar. Im intensiv genutzten Agrarland der NE-Schweiz waren die Revier bis 9,2 ha gross (Schläpfer 1988; Tab. 4). Bei konsequenter Auslegung des Revierbegriffs ist damit für diese Singvogelart wohl ein Maximalwert erreicht. Noch grössere Flächen können von einem ♂ kaum exklusiv beansprucht werden und haben demnach als home range zu gelten.

Schläpfer (1988) und auch Jenny (1990a) stellten eine Korrelation zwischen der Revier-

grösse und der Kulturendiversität fest. Diese Beziehung gilt in England eindeutig nicht (P. Donald, pers. Mitt.): Die Feldlerche bevorzugt dort (sanft) flächenbereinigte Gegenden. Sie meidet die kleinparzellierte Landschaft, weil die Parzellengrenzen dort traditionell mit Hecken bestockt sind und die Feldlerche gegenüber diesen Vertikalstrukturen einen angemessenen, «artspezifischen» Abstand einhält.

Das Reviergefüge veränderte sich von einer Brutsaison auf die nächste nur wenig. Auch bei Jenny (1990a) besetzten 71 % der ♂ das gleiche Revier wie im Jahr zuvor. Wie bei der Feldlerche ist auch bei der Grauammer *Miliaria calandra* die Reviertreue der überlebenden ♂ dafür verantwortlich (Hegelbach 1984). Die Revier werden nicht jeden Frühling aufgrund einer neutralen Qualitätsskala neu ausgewählt. Man kann annehmen, dass bei der Revierbesetzung zwischen der Vertrautheit mit dem alten und der Qualität eines eventuell neuen Reviers abgewogen wird. Durch Ausfall entstandene Lücken werden meistens von vorjährigen ♂ besetzt.

Während der Brutsaison verschoben sich die Revier im intensiv genutzten Agrarland stark, aber flächenmässig blieben sie auf hohem Niveau konstant (Schläpfer 1988, Jenny 1990a; Tab. 4). Die Feldlerchen reagierten auf diese Weise auf die abrupt wechselnden Bedingungen (z.B. Mahd) in ihrem Brutgelände, welches für sie nur unter dieser Voraussetzung überhaupt (entsprechend dünn) besiedelbar ist. Im Gegensatz dazu konnte Delius (1963) im opti-

Tab. 4. Reviergrößen in verschiedenen Habitaten. Schläpfer (1988) berücksichtigte Werte aus 10 verschiedenen Untersuchungsgebieten. – *Territory size of Sky Larks in different locations and habitats. Schläpfer's (1988) investigation covers 10 different study areas.*

Autor	Ort	Habitat	min	max	ø (ha)	n
Delius (1963)	NW England	Dünen	0,3	0,8	0,5	105
Weibel (1995)	Klettgau, N Schweiz	Agrarland, teils extensiv	0,7	2,2	1,3	137
diese Arbeit	Kloten ZH	Wiesen, extensiv	0,9	6,5	2,2	29
Schläpfer (1988)	Basel, NW Schweiz	Agrarland, gemischt	0,8	9,2	2,9	837
Jenny (1990a)	Reusstal AG	Agrarland, intensiv	2,0	8,3	3,3	124

malen Habitat Dünenlandschaft keine Revierverschiebungen beobachten. Auch wir registrierten keine wesentlichen Revierverschiebungen, obschon keine Kulturreichhaltigkeit vorhanden war. Das extensiv bewirtschaftete Wiesengelände des Flughafenareals ist diesbezüglich mit der Dünenlandschaft Delius' vergleichbar, und es lässt sich schliessen:

In optimalem Habitat können der Feldlerche kleine Reviere von weniger als 1 ha genügen, in suboptimalem Habitat solche bis zu 4 ha. In pessimalen Habitaten halten Feldlerchen auch Reviere über 4 ha. Sie reagieren auf die Veränderungen der Kulturen im Lauf der Brutsaison und passen die Revierumrisse dementsprechend an. Dies ist nur möglich, wenn die Besiedlungsdichte und -struktur es zulässt, wenn verschiedenartige Kulturen vorhanden sind oder wenn zu verschiedenen Zeiten geerntet wird.

Aufgrund der geringen Reviergrößen und der relativ stabilen Revierumrisse ist das Gelände des Flughafens Zürich-Kloten für Feldlerchen ein suboptimales bis optimales Habitat. 1995 und 1996 versuchten wir nachzuweisen, dass auch der Bruterfolg entsprechend hoch ist.

3.2. Brutbiologie und Aufzucherfolg

Schläpfer (1988) und Jenny (1990a) errechneten für ihre Populationen eine mittlere Gelegegröße von 3,8 Eiern. Delius (1963) und Weibel (1995) ermittelten 3,6 Eier pro Gelege; genau derselbe Wert ergab sich in unserer Untersuchung. Auch die Verteilung der Gelegegrößen im Verlaufe der Brutsaison entspricht den bekannten Werten aus Mitteleuropa (Glutz & Bauer 1985). Bisher gemachte Untersuchungen stellten einen Prädationsverlust von 17–47 %

Tab. 5. Ursachen (in %) der Ei- und Nestlingsverluste in verschiedenen Untersuchungen und Habitaten. Vergleichbar sind nur die Relationen; der Gesamtverlust ist wesentlich vom Suchaufwand abhängig. – *Percentage and cause of brood loss in different habitats.*

Habitat	Agrarland, teils extensiv	Wiesen, extensiv	Dünen	Agrarland, gemischt	Agrarland, intensiv
Autor	Weibel (1995)	diese Arbeit	Delius (1965)	Schläpfer (1988)	Jenny (1990a)
Taube Eier	3,5	7,0	2,8	4,9	4,0
Bewirtschaftung	1,8	0,0	0,0	6,3	36,0
Raub	34,1	22,6	47,5	35,1	17,1
Nässe	0,0	24,3	0,0	10,0	8,0
Futtermangel	4,8	0,0	0,0	1,4	0,0
Verschiedenes	6,2	0,0	4,5	5,5	9,8
Brutverluste total	50,4	53,9	54,8	63,2	74,9

fest; im Flughafen betrug er 22 %. Dieser Prozentsatz ist niedrig und zeigt, dass Nester in extensiv bewirtschafteten Wiesen keinem erhöhten Raubdruck ausgesetzt sein müssen.

Im aargauischen Reusstal betrug der Verlust durch Nässe 8 % (Jenny 1990a) und in der NW Schweiz 10 % (Schläpfer 1988; Tab. 5). Weibel (1995) registrierte keine Verluste durch Nässe. In der englischen Dünenlandschaft (Delius 1965) gab es dadurch ebenfalls keine Verluste, da Stauwasser aus physikalischen Gründen in Sanddünen nicht auftreten kann. In Gegensatz dazu ist der Regenabfluss und die Wasserdurchlässigkeit der Böden des Flughafenareals sehr gering. Die Brutverluste von 38 % im Jahr 1995 und 14 % im Jahr 1996 machen dies in ihrer Grösse und ihrem Unterschied deutlich. Beim extremen Regenfall vom 11. Juli 1995 gingen alle Feldlerchen-Bruten zugrunde, was den Jahresbruterfolg um rund 20 % reduzierte. Dermassen konzentrierte Regenfälle sind zwar selten, und Tagesniederschläge über 50 mm wurden hier seit 1949 während der Brutsaison nur 3-mal festgestellt. Der hohe Prozentsatz an tauben Eiern kann ebenfalls eine Folge der durch die Nässe früh abgestorbenen Embryonen sein (als taub bezeichnen wir hier auch die angebrüteten, dann aber abgestorbenen Eier).

Die Nachwuchsrate im Flughafenareal wird massgeblich durch die Staunässe beeinflusst. Somit ist die spezielle, aus ihrer Geschichte (Hegelbach 1999) erklärbare Bodenstruktur das Hauptproblem dieser Feldlerchen-Population. In bewirtschaftungs- und lagemässig vergleichbaren Wiesen ohne diese erschwerenden Bedingungen (Riedboden, Planierung) kann ein höherer Bruterfolg erwartet werden. Im witterungsmässig günstigen Jahr 1996 wurde ein Resultat von 2,3 Flügglings pro Adultpaar erreicht; auch dieser Wert liegt noch eindeutig unter jenem der von Delius (1965) beschriebenen, stabilen Population mit 3,4 Flügglings pro Brutpaar.

Dank. Die Flughafenbehörde gewährte uns auf unbürokratische Weise Zutritt ins Untersuchungsgebiet, was durch die Hilfsbereitschaft der Herren P. Oberli und H. Hediger möglich war. Die Mitarbeiter der Meteorstation und der Flughafendirektion teilten ihr Wirkungsgebiet mit uns und unterstützten uns wo immer möglich und nötig. Ihnen allen möchten wir danken, auch für das gezeigte Interesse.

Zusammenfassung

Auf dem Areal des Flughafens Zürich-Kloten studierten wir 1995 und 1996 die Territorialität und Brutbiologie der Feldlerche *Alauda arvensis*. Die zwei untersuchten Flächen von insgesamt 95 ha liegen zum grössten Teil in der Anflugszone von zwei stark frequentierten Pistis und bestehen aus nicht gedüngten, extensiv genutzten und jährlich 1–2-mal geschnittenen Wiesen.

In beiden Jahren zählten wir auf der grösseren Fläche einen Bestand von 16 ♂, auf der kleineren einen solchen von 5 ♂. Die Reviere waren mit durchschnittlich $2,2 \pm 0,75$ ha verhältnismässig klein. Die einzelnen Reviere vergrösserten sich signifikant zwischen April und Juni, wurden aber nach der Mahd im Juli wieder kleiner.

Die meisten Nester (27 von 32) wurden an Orten mit einer Vegetationshöhe von 10–40 cm und einer Bodenbedeckung von 20–50 % angelegt. Die Höhe einzelner, herausragender Pflanzenteile hatte keinen Einfluss auf die Nistplatzwahl. Die Nester selbst wurden immer am Grund einer dominanten Pflanze gebaut.

Die ♀ brüteten im Mittel (mindestens) 1,9-mal pro Saison. Aus 32 Gelegen mit 115 Eiern gingen 64 Nestlinge hervor, schliesslich verliessen 53 Jungvögel das Nest.

Die Böden der untersuchten Flächen sind stark verdichtet und wenig wasserdurchlässig, weshalb starke Regenfälle den Bruterfolg wesentlich beeinflussen: 1995 gingen durch Staunässe 38 %, 1996 14 % der gelegten Eier verloren. Die Nachwuchsrate ist klein, liegt aber über jener im intensiv bewirtschafteten Agrarland (0,9 Flügglings/BP bei Jenny 1990a): 1995 verliessen 1,4, 1996 2,3 Flügglings pro Adultpaar das Nest.

Literatur

- CRAMP, S. (1988): The birds of the Western Palearctic. Vol. 5. Oxford Univ. Press.
- DELIUS, J. (1963): Das Verhalten der Feldlerche *Alauda arvensis*. Z. Tierpsychol. 20: 297–348.
- (1965): A population study of skylarks *Alauda arvensis*. Ibis 107: 466–492.
- DONALD, P. F., J. D. WILSON & M. SHEPHERD (1994): The decline of the Corn Bunting *Miliaria caland- ra*. Brit. Birds 87: 106–132.

- DONALD, P. F., A. D. EVANS, D. PAIN, L. MUIRHEAD & D. BUCKINGHAM (1998): Factors affecting nest survival rates of Skylarks *Alauda arvensis* on farmland. In: N. J. ADAMS & R. SLOTOW (eds): Proc. 22nd Int. Ornithol. Congr., Durban. Ostrich 69: 425–426.
- GEHLKER, H. (1977): Eine Hilfstafel zur Schätzung von Deckungsgrad und Artmächtigkeit. Mitt. flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 19/20: 427–429.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (1962): Die Brutvögel der Schweiz. Aarau.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. & K. M. BAUER (1985): Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 10. Aula, Wiesbaden.
- GRIESSER, M. (1996): Brutbiologie, Raumnutzung und Verhalten der Feldlerche *Alauda arvensis* in extensiv bewirtschafteten Wiesen. Dipl.arb. Zool. Museum Univ. Zürich.
- HAGEMEIJER W. & M. J. BLAIR (1997): The EBCC atlas of European breeding birds. Poyser, London.
- HEGELBACH, J. (1984): Untersuchungen an einer Population der Grauammer: Territorialität, Brutbiologie, Paarbindungssystem, Populationsdynamik und Gesangsdiakkt. Diss. Zool. Museum Univ. Zürich. – (1999): Brutbestand der Nachtigall *Luscinia megarhynchos* und ausgewählter Singvogelarten in einer Probefläche am Rande des Flughafens Zürich-Kloten. Ornithol. Beob. 96: 41–48.
- JENNY, M. (1990a): Territorialität und Brutbiologie der Feldlerche *Alauda arvensis* in einer intensiv genutzten Agrarlandschaft. J. Ornithol. 131: 241–265. – (1990b): Populationsdynamik der Feldlerche *Alauda arvensis* in einer intensiv genutzten Agrarlandschaft des schweizerischen Mittellandes. Ornithol. Beob. 87: 31–53.
- MEIER, E. (1988): Flughafen Zürich 1948–1988. Amt für Luftverkehr, Zürich.
- MOUNTFORT, G. R. (1939): Skylark carrying young bird. Brit. Birds 33: 79.
- NACHTIGALL, W. (1987): Vogelflug und Vogelzug. Rasch, Hamburg.
- OELKE, H. (1968): Wo beginnt bzw. wo endet das Biotop der Feldlerche? J. Ornithol. 109: 25–29.
- SCHIFFERLI, L. (1993): Vögel in der Agrarlandschaft in der Schweiz. Rev. suisse Zool. 100: 501–518.
- SCHLÄPFER, A. (1988): Populationsökologie der Feldlerche *Alauda arvensis* in einer intensiv genutzten Agrarlandschaft. Ornithol. Beob. 85: 308–371.
- SIMMS, E. (1992): British Larks, Pipits & Wagtails. Harper Collins, London.
- TUCKER, G. M. & M. F. HEATH (1994): Birds in Europe: their conservation status. BirdLife International, Cambridge.
- VOSER, P. (1997): Vegetationskarte des Flughafens. In: 5. Ausbautappe Flughafen Zürich. UVB 2. Stufe. Gesamtbericht Biosphäre. Airport 2000, Airport Authority.
- WEIBEL, U. (1995): Auswirkungen von Buntbrachen auf die Territorialität, Brutbiologie und Nahrungsökologie der Feldlerche *Alauda arvensis*. Dipl. arb. ETH Zürich.
- ZBINDEN, N. (1989): Die Entwicklung der Vogelwelt in der Schweiz. Ornithol. Beob. 86: 235–241.

Manuskript eingegangen 2. November 1998
Revidierte Fassung angenommen 23. März 1999