

## Werkstoffkundliche Untersuchungen an Vogelringen

Von Dietrich Hummel und Günter Lange

### 1. Einleitung

Im Rahmen von Untersuchungen zur Biologie des Habichts (*Accipiter gentilis*) wurde von ZIESEMER (1983) eine große Zahl von Habichten gefangen und durch Aluminiumringe der Vogelwarte Helgoland sowie gleichzeitig durch gestempelte Nummern auf der Befiederung individuell markiert. Durch diese doppelte Kennzeichnung konnte ZIESEMER (1981) bei Wiederfängen feststellen, daß zwei Vögel ihre Ringe (He 3068348, ♂, und He 3080065, ♀) nach 4 1/2 bzw. nach 7 Monaten Tragzeit verloren hatten. Darüberhinaus befanden sich unter 70 gefangenen Habichten 16 Vögel, deren Ringe 1 bis 4 mm weit offen standen. In allen Fällen wurden Aluminiumringe ohne Lasche der Größe 3 (12 mm Innendurchmesser) für ♀ und der Größe 4 (10 mm) für ♂ verwendet. Bei solchen Ringen stehen sich im geschlossenen Zustand die beiden stumpfen Enden des Metallbandes gegenüber.

Über die Ursachen dieser Ringverluste gibt es bisher keine gesicherten Erkenntnisse. Die Mitteilung von ZIESEMER (1981) sowie auch die Diskussion im Anschluß an eine Zuschrift von KALCHREUTER (1981) enthalten eine ganze Reihe von Vermutungen. Gespräche zwischen Mitarbeitern des Instituts für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“ (Dr. P. H. BECKER, Dr. W. WINKEL) und den Verfassern lieferten weitere Ansatzpunkte für die Lösung des vorliegenden Problems. Insgesamt ergibt sich unter Berücksichtigung der einschlägigen Literatur die folgende Ausgangslage:

Die bei Vögeln verwendeten Markierungsmethoden wurden in neuerer Zeit von MARION & SHAMIS (1977) und von BUB & OELKE (1980) zusammenfassend dargestellt. Beim Einsatz der Beringung im Rahmen von Populationsuntersuchungen an langlebigen Vogelarten, insbesondere an Seevögeln, stellt die Haltbarkeit der Ringe im Verhältnis zur Lebenserwartung der Vögel ein schwieriges Problem dar. Insbesondere bei Seevögeln nutzen sich die Ringe im Lauf der Zeit ab, so daß die Beschriftung unleserlich wird. Dabei wird in erster Linie die Wanddicke der Ringe durch mechanischen Abrieb von innen her so stark reduziert, daß die Beschriftung teilweise unlesbar wird oder die Ringe ganz abfallen. Neuere Arbeiten zu diesem Problemkreis, die in den obengenannten Übersichten noch nicht enthalten sind, stammen von ANDERSEN (1980 a, b), LUDWIG (1981), HATCH & NISBET (1983 a, b) sowie NISBET & HATCH (1983). Die Auswirkungen von Ringverlusten auf Populationsdaten, wie beispielsweise die jährliche Überlebensrate, wurden von KADLEC & DRURY (1969), NELSON, ANDERSON & BURNHAM (1980), RICHARDSON (1980) und LUDWIG (1981) statistisch untersucht. Aufgrund des von ZIESEMER (1981) genannten Schadensbildes „offenstehende Ringe“ dürften die hier beschriebenen Schadensursachen keine primäre Bedeutung gehabt haben. Die zitierten Arbeiten über die Auswirkungen von Ringverlusten beschreiben jedoch die von ZIESEMER (1981) und KALCHREUTER (1981) diskutierten Einflüsse auf Populationsdaten quantitativ.

Aufgrund der Tatsache, daß sich ein Habichtring ohne Werkzeug nicht aufbiegen läßt, hat ZIESEMER (1981) ausgeschlossen, daß die Habichte selbst die Ringe geöffnet haben könnten. Ein Blick in die Literatur zeigt jedoch, daß dies durchaus möglich erscheint: POULDING (1954) beobachtete eine Silbermöwe (*Larus argentatus*) und eine Heringsmöwe (*Larus fuscus*) mit teilweise geöffneten Ringen und fand an einem Möwenrastplatz einen aufgebogenen Ring, mit dem 3 Jahre zuvor eine junge Silbermöwe beringt worden war. POULDING (1954) drückt dabei die Überzeugung aus, daß diese Ringe von den Möwen selbst geöffnet worden sind. LUDWIG (1967) beschreibt, wie sich eine

frisch beringte Silbermöwe in weniger als 2 Stunden des neuen Ringes entledigte. SPEAR (1980) stellte in einer Kolonie der Westmöwe (*Larus occidentalis*) viele Exemplare mit teilweise geöffneten Ringen fest und fand in 2 Jahren insgesamt 57 geöffnete und abgefallene Ringe! Nach HARRIS (1980) können Möwen ihre Ringe aktiv entfernen. Dies gilt jedoch nur für Aluminiumringe ohne Schlaufe oder Lasche, was bei allen hier genannten Beispielen der Fall war, während Ringe gleicher Bauart aus kaltverfestigtem Monel (Kupfer-Nickel-Legierung) nach COULSON (1976) von den Möwen nicht geöffnet werden können. Auch von anderen Vogelarten sind mit Hilfe der Doppelberingung Ringverluste nachgewiesen worden: BERGER & MUELLER (1960) berichten vom Verlust des stumpf zusammengebogenen Ringes bei einem Uhu (*Bubo virginianus*) und bei 2 Weißkopfschneehäher (*Haliaeetus leucocephalus*) maximal 10 Monate nach der Beringung, während der gleichzeitig angebrachte Schlaufenring unversehrt war. Diese Beispiele zeigen, daß größere Vögel sehr wohl in der Lage sein können, einen Ring zu öffnen. Dabei ist nach HARRIS (1980) ein kräftig entwickelter Schnabel notwendig, wie ihn Möwen, größere Greifvögel und Eulen besitzen. Mit Hilfe dieses Werkzeugs können offenbar größere Kräfte zum Öffnen des Ringes ausgeübt werden, als sie die menschliche Hand einzuleiten vermag. Damit ergibt sich im vorliegenden Fall die Frage nach der Größe der Kräfte, die notwendig sind, um Habichtringe zu öffnen.

ZIESEMER (1981) hat die Vermutung geäußert, daß das verwendete Ringmaterial fehlerhaft sein könnte. Die offenstehenden und die abgefallenen Ringe hätten demnach möglicherweise eine geringere Festigkeit gehabt, so daß es zu den Verlusten kommen konnte. Diese Möglichkeit ist natürlich stets gegeben, wenngleich sie aufgrund des Herstellungsprozesses der Ringe außerordentlich unwahrscheinlich ist: Die Ringe werden zu Tausenden aus dem gleichen Rohmaterial (Blech-Halbzeug) gestanzt und besitzen daher innerhalb des genormten Bereichs eine übereinstimmende Materialzusammensetzung. Trotzdem bleibt die Frage zu untersuchen, ob die Schadensringe nicht doch andere Festigkeitseigenschaften aufgewiesen haben.

Eine weitere Vermutung geht dahin, die Ringe könnten sich allein aufgrund von Eigenspannungen im Werkstoff öffnen. Hinweise darauf finden sich bei THOMAS (1979) und ZIESEMER (1981). Hierzu ist nun festzustellen, daß derartige Effekte nur ganz geringe Auswirkungen haben können. Nach dem Schließen des Ringes mit der Zange bleiben zwar auf der Außenseite geringe Druck- und auf der Innenseite entsprechende Zugspannungen übrig. Eine starke Abnutzung auf der Innenseite greift dann in das bestehende Gleichgewicht ein und führt zu einer Aufbiegung des Ringes, die jedoch bei einem Material mit so niedriger Festigkeit (Streckgrenze) höchstens 1/10 mm beträgt. Auch die natürlichen Temperaturschwankungen leisten keinen nennenswerten Beitrag zur Ringöffnung.

Weitere Vermutungen betreffen den Einfluß von Schrotbeschuß. THOMAS (1979) berichtet, daß Plastikringe unter Beschuß zerspringen können, und ZIESEMER (1981) fand bei einem der Vögel, die ihren Ring verloren hatten, Spuren von Schrotbeschuß. Bei diesem Vorgang handelt es sich um eine nahezu punktförmige und extrem hohe Belastung des Ringes durch eine äußere Kraft. Bei spröden Materialien, zu denen auch verschiedene Kunststoffe gehören, kann dies sofort zum Bruch führen. Demgegenüber treten bei den Aluminiumlegierungen der Vogelringe große plastische Deformationen auf, bevor der Bruch eintritt. Deshalb kommt es bei Beschuß nur zu (starken) örtlichen Verformungen, ohne daß jedoch ein Bruch erfolgt.

Ausgehend von diesen Vorüberlegungen wurden die mechanischen Eigenschaften von Habichtringen von uns experimentell untersucht. Dabei standen folgende Fragestellungen im Mittelpunkt des Interesses:

1. Wie groß sind die Kräfte, die notwendig sind, um einen ordnungsgemäß zugebogenen Habichtring wieder zu öffnen?
2. Gibt es bei fabrikneuen Habichtringen wesentliche Unterschiede innerhalb dieser Kräfte?
3. Liegt bei einem Schadensring die Öffnungskraft unterhalb des Durchschnittswertes?

4. Wie korrodieren die Aluminiumringe unter extremen Bedingungen und welches sind die denkbaren Auswirkungen auf die Ringöffnungskräfte?
5. In welchem Umfange können die Öffnungskräfte durch Verwendung von Stahl als Ringmaterial erhöht werden?

## 2. Material und Untersuchungsmethoden

Das Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“ stellte für die Untersuchungen insgesamt folgende fabrikneuen Aluminiumringe zur Verfügung:

20 Ringe Größe 3 für  $\varnothing$ , ohne Lasche oder Schlaufe, Innendurchmesser  $D = 12,0$  mm, Höhe  $H = 10,5$  mm, Wanddicke  $S = 1,5$  mm, Ringnummern He 3079 182–191 und He 3094 001–010,

21 Ringe Größe 4 für  $\sigma$ , ohne Lasche oder Schlaufe, Innendurchmesser  $D = 10,0$  mm, Höhe  $H = 9,5$  mm, Wanddicke  $S = 1,0$  mm, Ringnummern He 4028 190–200 und He 4064 001–010.

Bei dem Werkstoff für diese Ringe handelt es sich nach Angaben der schwedischen Herstellerfirma um eine Aluminiumlegierung mit 2,25 % Magnesium und 0,4 % Mangan im weichgeglühten Zustand. Sie besitzt eine Streckgrenze von  $76,5 \text{ N/mm}^2$ , eine Zugfestigkeit von  $185,3 \text{ N/mm}^2$  und eine Brinellhärte von 45 HB 1/5. Außerdem übermittelte das Institut für Vogelforschung einen Schadensring He 3068 288 der Größe 3. Dieser Ring stand nach dreijähriger Tragzeit 2 mm offen. Er wurde von ZIESEMER am Vogelbein wieder geschlossen. Als der Habicht wenig später verunglückte, wurde der Ring mit der Zange auf 9 mm geöffnet und abgenommen.

Für weitere Untersuchungen an Ringen mit höherer Festigkeit stellte das Institut für Vogelforschung folgende fabrikneuen Stahlringe zur Verfügung:

10 Ringe Größe 3 für  $\varnothing$ , ohne Lasche oder Schlaufe, Innendurchmesser  $D = 12,0$  mm, Höhe  $H = 10,5$  mm, Wanddicke  $S = 1,0$  mm, Ringnummern He 3091 301–310,

10 Ringe Größe 4 für  $\sigma$ , ohne Lasche oder Schlaufe, Innendurchmesser  $D = 10,0$  mm, Höhe  $H = 9,5$  mm, Wanddicke  $S = 1,0$  mm, Ringnummern He 4059 741–750.

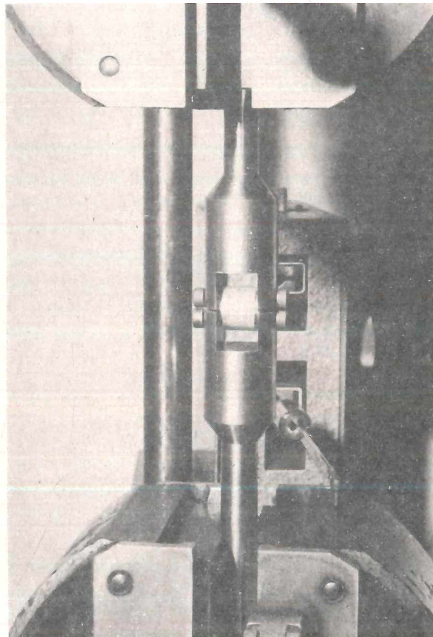


Abb. 1: Vorrichtung zum Öffnen von Vogelringen in der Prüfmaschine (Ringposition entsprechend Belastungsfall A).

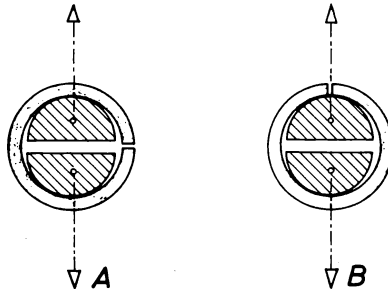


Abb. 2: Anordnung der Ringe beim Öffnungsversuch für die Belastungsfälle A und B.

Die Untersuchungen an den Ringen wurden im Institut für Werkstoffe der Technischen Universität Braunschweig durchgeführt. Es wurde eine Vorrichtung gebaut, mit deren Hilfe die zugebogenen Ringe in der Zerreißmaschine aufgezogen werden konnten (Abb. 1). Dieses Werkzeug besteht im wesentlichen aus 2 Halbzylindern, die auseinandergezogen werden und deren Durchmesser etwa dem des Habichtbeins entspricht. Nach Angaben des Instituts für Vogelforschung beträgt der ovale Querschnitt des Habichtbeins beim ♂ bis zu  $6 \times 9 \text{ mm}^2$  und beim ♀  $8 \times 10,5 \text{ mm}^2$ . Für die Versuche wurden Halbzylinder-Durchmesser von 9 bzw. 10,5 mm gewählt. Die vor Versuchsbeginn vorschriftsmäßig zugebogenen Ringe wurden in der Prüfmaschine so weit auseinandergezogen, bis sich eine hinreichend große Öffnung (11 mm) zum Passieren des Vogelbeins gebildet oder bis die zum Aufbiegen des Ringes erforderliche Kraft ihren Maximalwert überschritten hatte. Registriert wurde der Verlauf der Prüfkraft in Abhängigkeit vom Hub der Maschine (= Abstand der beiden Halbzylinder). Die Ringe wurden in zwei unterschiedlichen Positionen geprüft (Abb. 2). Im Belastungsfall A lag der Spalt des Ringes zwischen den beiden Kraftangriffspunkten und damit seitlich außerhalb der Kraftwirkungslinie, während im Fall B die Ringenden symmetrisch zur Längsachse der Vorrichtung auf einem der Halbzylinder auflagern.

Bei der beschriebenen Versuchsanordnung konnte zunächst nicht ausgeschlossen werden, daß die trockene Reibung zwischen der Ringinnenoberfläche und den Halbzylindern zu höheren Öffnungskräften führt, als sie an einem feuchtigkeitsbehafteten Ring vom Vogel aufzubringen wären. Für beide Belastungsarten und für beide Werkstoffe wurden daher Parallelversuche durchgeführt, in denen die Reibung durch Verwendung eines hochwirksamen Schmiermittels (Molybdänsulfid) weitgehend vermindert wurde.

Um darüber hinaus auch die Korrosionsanfälligkeit der Aluminiumringe zu testen, wurden je 2 Exemplare beider Größen einem zweimonatigen Wechseltauchversuch in einer Kochsalzlösung unterzogen (20 g NaCl pro Liter Wasser, pH-Wert 4). Die Ringe waren in diesem Zeitraum insgesamt 14 000 Tauchzyklen ausgesetzt, wobei jeder Zyklus aus einer Tauchphase von 1 Minute und einer Haltephase von 5 Minuten in Umgebungsluft bestand.

Für Literaturhinweise sind die Verfasser den Herren Dr. P. H. BECKER, Wilhelmshaven, Dr. W. WINKEL, Cremlingen, und Dr. J. WITTEBERG, Braunschweig, dankbar.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Aluminiumringe

##### 3.1.1. Ringöffnungskräfte

Die zum Öffnen der Ringe erforderlichen Kräfte sind in Tab. 1 zusammengestellt. Es zeigt sich, daß ein Ring beim Belastungsfall A wesentlich leichter aufgezogen werden kann als im Belastungsfall B. Der Unterschied beruht darauf, daß im Fall A nur 1 Zone des Ringes — die dem Spalt gegenüberliegt — deformiert werden muß, während im Fall B in der Anfangsphase des Öffnens gleichzeitig 2 Zonen des Ringes — beiderseits des offenen Endes — aufzubiegen sind.

Tab. 1: Zum Öffnen fabrikneuer Aluminiumringe erforderliche Kräfte in N ( $9,81 \text{ N} = 1 \text{ kp}$ ,  $P_{\min}$  Kleinstwert,  $P_{\max}$  Höchstlast,  $P_{\text{mittel}}$  arithmetisches Mittel über die Stichprobe,  $n$  Zahl der untersuchten Ringe).

Ringgröße	Belastungsfall A				Belastungsfall B			
	$P_{\min}$	$P_{\text{mittel}}$	$P_{\max}$	$n$	$P_{\min}$	$P_{\text{mittel}}$	$P_{\max}$	$n$
3	<b>188</b>	201,1	217	10	<b>238</b>	262,5	298	6
4	<b>86</b>	92,0	104	9	<b>105</b>	130,1	148	8

Typische Verläufe für die Kraft-Weg-Kurven sind in Abb. 3 dargestellt. Als Wegkoordinate wurde dabei der Hub der Prüfmaschine verwendet. Im Lastfall A ist die zugehörige Öffnung des Vogelringes etwa doppelt so groß. Der starke Lastanstieg resultiert in erster Linie aus der Tatsache, daß ein immer größerer Teil des Ringes von der plastischen Verformung erfaßt und aufgebogen wird. Auch eine Kaltverfestigung des Werkstoffes könnte theoretisch einen Beitrag zum Lastanstieg liefern. Dieser Effekt erreicht aber bei der hier vorliegenden Aluminium-Legierung nur dann merkliche Auswirkungen, wenn sich das Material im weichgeglühten Ausgangszustand befindet. Im vorliegenden Fall hat sich aber durch das Einschlagen der Beschriftung sowie durch das Zubiegen des Ringes (Formänderungsgrad ca. 11 %) der Werkstoff bereits so weit verfestigt, daß eine weitere Verformung praktisch nur noch eine sehr schwache Zunahme der Festigkeit bewirkt. Die annähernd konstant bleibenden Maximallasten bei mehrfachem Öffnen und Schließen der Ringe (Tab. 2) bestätigen dieses Werkstoffverhalten.

Im Belastungsfall A bildet sich nach Abb. 3 ein flaches Maximum der Last aus. Nach und nach wird der ganze Ring aufgezo-gen, wobei insgesamt sehr große Deformationen auftreten. Um die Ringe bis zum Abfallen zu öffnen, muß jeweils die maximale Last aufgebracht werden. Im Belastungsfall B fällt die Last nach raschem Anstieg auch wieder stark ab, weil sich dann der auf der offenen Seite des Ringes liegende Halbzylinder ohne größeren Kraftaufwand durch die zuvor auseinandergebogenen Ringenden ziehen läßt.

Die in Tab. 1 angegebenen Meßwerte streuen erheblich. Dies liegt in erster Linie an der unterschiedlichen eingepprägten Beschriftung, durch welche die Querschnitte in verschiedener Weise geschwächt werden und die zu unterschiedlichen Kaltverfestigungen

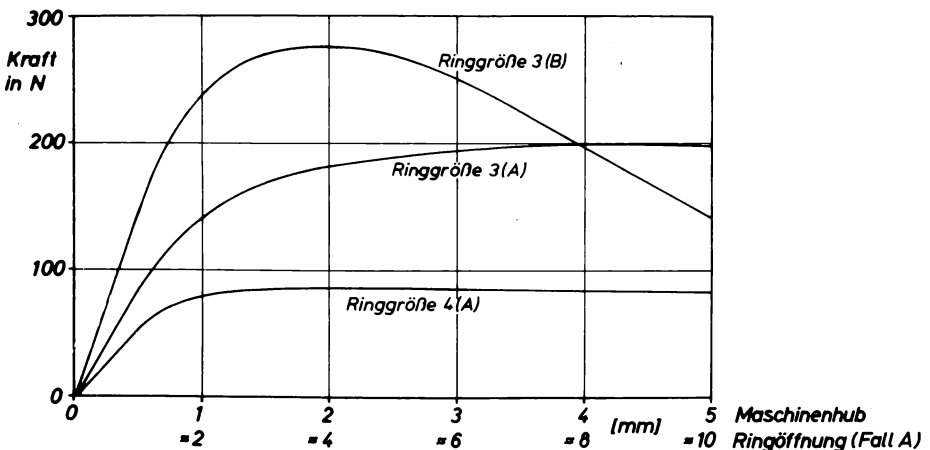


Abb. 3: Charakteristischer Kraft-Weg-Verlauf beim Öffnen der Aluminiumringe.

Tab. 2: Mittlere Öffnungskräfte  $P_{\text{mittel}}$  für Aluminiumringe (Belastungsfall A) bei Wiederholung des Versuchs (Angaben in N,  $n = 9$ ).

	1. Versuch	2. Versuch	3. Versuch
Ringgröße 3	201,1	199,1	208,3

führt. Zur Streuung tragen auch Unrundheiten beim Zubiegen der Ringe bei, weil sich dadurch unter Last die Ringe nicht symmetrisch öffnen. Die bei den Versuchen auftretende Reibung zwischen der Innenseite der Ringe und den Halbzylindern der Vorrichtung war vernachlässigbar klein; ohne und mit Schmierung ergaben sich praktisch die gleichen Werte.

Für die Beurteilung von Ringverlusten müssen nun die kleinsten der hier ermittelten Öffnungskräfte herangezogen werden. Mit 188 N = 19,2 kp für Ringgröße 3 und 86 N = 8,8 kp für Ringgröße 4 ergeben sich erstaunlich niedrige Werte. Die Ringe können nur deshalb nicht „von Hand“ aufgebogen werden, weil man diese Kräfte wegen der geringen Abmessungen der Ringe nicht mit den Fingern übertragen kann. Es ist jedoch sehr wohl vorstellbar, daß ein Habicht solche Kräfte mit seinem Schnabel als Werkzeug ausüben kann. Hinzu kommt, daß nach Abb. 3 zur Erzeugung eines ersten Spaltes nur ein Teil der genannten Kräfte benötigt wird (z. B. Öffnung 2 mm, Ringgröße 3, Belastungsfall A: 145 N). Wenn dann der Schnabel in diesen Spalt fassen kann, so wird das weitere Öffnen erheblich erleichtert: Die Kraft verläuft jetzt nicht mehr wie bei der hier verwendeten Vorrichtung durch die Ringmitte, sondern wird am offenen Ringende eingeleitet. Dadurch steht bezüglich der zu deformierenden Stelle des Ringes, die der Öffnung gegenüber liegt, praktisch der doppelte Hebelarm zur Verfügung. Dies bedeutet, daß die zum weiteren Öffnen des Ringes erforderlichen Kräfte dann nur noch etwa halb so groß sein müssen wie die in Tab. 1 angegebenen. Diese Überlegungen zeigen, daß Ringe der Größen 3 und 4 ohne Schlaufe mit Hilfe erstaunlich kleiner Kräfte geöffnet werden können. Allerdings muß dabei als Werkzeug ein geeigneter Schnabel vorhanden sein, mit dem diese Kräfte auf den Ring ausgeübt werden können. Hierzu erscheint ein hakenförmig gekrümmter, starker Schnabel besonders günstig zu sein, wie ihn alle die Vogelarten besitzen, von denen bisher Ringverluste bekannt geworden sind (Greifvögel, Eulen, Möwen).

### 3.1.2. Korrosionsverhalten

Die dem Wechseltauchversuch unterzogenen Ringe werden durch einen lokalen Korrosionsangriff, den sogenannten Lochfraß, erheblich geschädigt (Abb. 4a). Während der flächige Abtrag sehr gering bleibt, wird der Werkstoff durch tief ins Innere reichende Gänge regelrecht perforiert (Abb. 4b). Derartige Zerstörungen, die auch eine beträchtliche Herabsetzung der Belastbarkeit bewirken, dürften jedoch nur bei den Ringen von Seevögeln vorkommen, während Habichtringe davon sicher nicht betroffen sind.

### 3.1.3. Untersuchung des Schadensringes

Der von ZIESEMER eingereichte Ring He 3068 288 wies keine erkennbaren Anzeichen von Korrosion auf. Er wurde erneut vorschriftsmäßig geschlossen — d. h. insgesamt zum 3. Mal — und im Zugversuch (Belastungsfall A) geprüft. Die Öffnungskraft für einen 9 mm breiten Spalt betrug 205 N, die maximal ertragene Last 207 N. Diese Ergebnisse stimmen sehr gut mit den Werten überein, die an fabrikneuen, dreimal geschlossenen Ringen der Größe 3 ermittelt wurden (Tab. 2). Der dem verunglückten Vogel abgenommene Ring kann daher in keiner Weise beanstandet werden, wenn nicht die Belastbarkeit der Ringe im Prinzip als unzureichend angesehen wird.

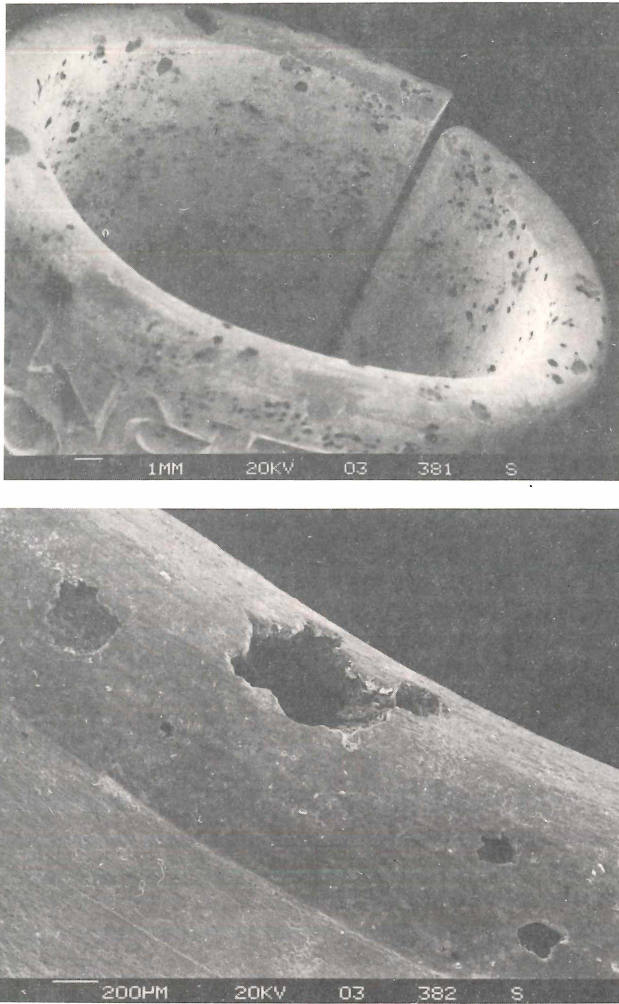


Abb. 4: Korrosion (Lochfraß) an einem Aluminiumring nach 14 000 Tauchzyklen in Kochsalzlösung (Rastermikroskopische Aufnahme). a) Übersichtsaufnahme (oben), b) Ausschnittsvergrößerung (unten).

### 3.2. Stahlringe

Um die Kräfte zum Öffnen der Ringe zu erhöhen, werden neben den beschriebenen Aluminiumringen auch Stahlringe eingesetzt. Ihr Nachteil besteht in dem — bei gleichen Abmessungen — dreimal so hohen Gewicht (Dichte der Aluminiumlegierung  $2,66 \text{ g/cm}^3$ , Dichte des verwendeten Stahles  $7,95 \text{ g/cm}^3$ ) und im höheren Preis. Aufgrund der wesentlich höheren Festigkeit (d. h. der pro Quadratmillimeter Querschnitt maximal ertragbaren Last) können jedoch die Abmessungen eines Stahlringes kleiner gewählt werden als die eines Aluminiumringes, so daß die nachteiligen Auswirkungen der größeren Dichte teilweise kompensiert werden.

Eine qualitative Analyse der eingereichten Ringe ergab, daß diese aus einem nichtrostenden austenitischen Chrom-Nickel-Molybdän-Stahl hergestellt waren. Das Ergebnis der Zugversuche an diesen Ringen ist in Tab. 3 zusammengestellt. Beim Vergleich der

Tab. 3: Zum Öffnen fabrikneuer Stahlringe erforderliche Kräfte in N (Bezeichnungen s. Tabelle 1).

Ringgröße	Belastungsfall A				Belastungsfall B			
	P <sub>min</sub>	P <sub>mittel</sub>	P <sub>max</sub>	n	P <sub>min</sub>	P <sub>mittel</sub>	P <sub>max</sub>	n
3	<b>226</b>	233,2	238	5	<b>194</b>	230,2	264	5
4	<b>283</b>	290,4	298	5	<b>265</b>	302,0	322	5

Werte für die beiden Ringgrößen ist zu bedenken, daß beide Ringe die gleiche Wanddicke aufweisen. Da an dem größeren Ring ein längerer Hebelarm vorhanden ist, wird zum Öffnen eine geringere Kraft benötigt als bei dem kleineren Ring. Im Gegensatz zu den Aluminiumringen (Tab. 1) ist bei den Stahlringen kein nennenswerter Unterschied zwischen den beiden Lastfällen A und B festzustellen. Dies ist auf das völlig unterschiedliche Werkstoffverhalten des hier verwendeten Stahles zurückzuführen, der sich im Gegensatz zum Aluminium durch die plastische Deformation beim Aufbiegen außerordentlich stark kaltverfestigt. Daraus resultieren andere geometrische Formen beim Aufbiegen der Ringe. Die Kaltverfestigung zeigt sich auch in dem Anstieg der Ringöffnungskräfte bei mehrfacher Wiederholung des Versuchs (Tab. 4).

Tab. 4: Mittlere Öffnungskräfte P<sub>mittel</sub> für Stahlringe (Belastungsfall A) bei Wiederholung des Versuchs (Angaben in N, n = 5).

	1. Versuch	2. Versuch	3. Versuch	4. Versuch	5. Versuch
Ringgröße 3	233,2	260,0	272,0	289,0	292,0

Vergleicht man die zum Öffnen der Stahlringe notwendigen Kräfte mit denen für die Aluminiumringe (Tab. 1), so ergibt sich für Ringe der Größe 4 ein beträchtlicher Anstieg, weil die Wanddicke von 1,0 mm in beiden Fällen gleich war. Bei den Ringen der Größe 3 veränderten sich die Öffnungskräfte nur unwesentlich, weil die höhere Festigkeit der Stahlringe durch die geringere Wanddicke kompensiert wird.

Der Einfluß der Werkstofffestigkeit (Formänderungsfestigkeit  $k_f$ ) und der Gestalt des Ringes ( $H$  = Höhe,  $D$  = Durchmesser,  $S$  = Wanddicke) auf die im Lastfall A zum Öffnen erforderliche Kraft  $P$  läßt sich unter bestimmten Voraussetzungen näherungsweise durch die Beziehung

$$P = k_f \cdot H \cdot \frac{S}{1 + 3 \frac{D}{S}}$$

abschätzen. Bei nicht zu kleinen Ringen ( $3 \frac{D}{S} \gg 1$ ) kann man die Formel zu

$$P \approx k_f \cdot H \frac{S^2}{3D}$$

vereinfachen. Von den geometrischen Größen wirkt sich die Wanddicke quadratisch auf das Ergebnis aus, während Höhe und Durchmesser mit der ersten Potenz eingehen. Solange die Formänderungsfestigkeit des Werkstoffs während der Verformung annä-



hernd konstant bleibt, erlaubt diese Formel eine Abschätzung des Einflusses der geometrischen Größen. Im vorliegenden Fall trifft dies nur für die Aluminiumringe zu. Das Verhältnis der in Tab. 1 angegebenen Werte für die Ringgrößen 3 und 4 (Lastfall A) stimmt sehr gut mit den aus der Formel berechneten Werten überein. Demgegenüber läßt sich die Formel auf Stahlringe nicht anwenden, da die Formänderungsfestigkeit — wie bereits beschrieben — im Laufe des Öffnungsvorganges stark ansteigt. Insbesondere ist auch eine Umrechnung von der vorliegenden Aluminiumlegierung auf Stahl oder andere Werkstoffe nicht zulässig. Bei der Festlegung der Abmessungen von Ringen aus neuen Materialien sollte deshalb stets ein Zugversuch durchgeführt werden.

#### 4. Zusammenfassung

Im Institut für Werkstoffe der TU Braunschweig wurden die mechanischen Eigenschaften von Vogelringen der Größen 3 und 4 untersucht, um Unterlagen für die Diskussion um den Verlust solcher Ringe bei Habichten (*Accipiter gentilis*) bereitzustellen. Diese Untersuchungen ergaben:

- 1) Es sind nur verhältnismäßig geringe Kräfte notwendig, um Aluminiumringe der Größen 3 und 4 zu öffnen. In den Versuchen wurden als Kleinstwerte 19,2 kp bei Ringgröße 3 und 8,8 kp bei Ringgröße 4 ermittelt. Die zum Öffnen der Ringe tatsächlich notwendigen Kräfte sind jedoch wahrscheinlich noch sehr viel geringer. Es muß angenommen werden, daß Habichte derartige Kräfte aufbringen und mit ihrem Schnabel als Werkzeug die Ringe öffnen können.
- 2) Materialfehler oder unzulängliche Festigkeitseigenschaften konnten für einen vorliegenden Schadensring He 3068 288 nicht nachgewiesen werden. Zum Öffnen des Ringes wurde die gleiche Kraft benötigt wie für fabrikneue Ringe. Der Ring wies keine Beschädigungen und keine besondere Abnutzung auf; Korrosionsspuren waren nicht erkennbar.
- 3) Durch Verwendung eines nichtrostenden austenitischen Stahles lassen sich die Öffnungskräfte gegenüber Aluminiumringen etwa auf das 3-fache steigern, falls die Abmessungen der Ringe beibehalten werden und das 3-fache Gewicht in Kauf genommen wird. Kompromisse zwischen Kraft- und Gewichtsanstieg sind möglich; neue Ringe sollten aber stets durch einen Zugversuch überprüft werden.

#### 5. Summary

##### Material investigations on bird bands.

In order to provide quantitative data for the discussion about band losses in the Goshawk (*Accipiter gentilis*) the mechanical characteristics of size 3 and 4 bird bands have been investigated at the Institut für Werkstoffe of TU Braunschweig. The results are:

- 1) Only relatively small forces are necessary to open aluminium bands of size 3 and 4. As minimum values 19.2 kp for band size 3 and 8.8 kp for band size 4 have been evaluated during the tests. The actual forces, however, which are necessary to open the bands, are probably much lower. This leads to the conclusion that Goshawks bring about such forces and that they are able to open the bands using their bill as a tool.
- 2) For the band He 3068288, which had been opened by a Goshawk by 2 mm, neither a deficiency in the material nor insufficient material properties could be detected. To open this band the same force was necessary as for new bands. This band was not damaged and any extraordinary wear or any marks of corrosion could not be recognized.
- 3) If the dimensions of the bands are kept constant and if a threefold band weight is accepted, the forces which are necessary to open the bands can be increased by a factor of 3 using stainless steel instead of aluminium as band material. Different compromises between the increase of force and the augmentation of weight are possible; new bands should always be proved by means of a tensile test.

## 6. Literatur

- Anderson, A. (1980a): Band wear in the Fulmar. *J. Field Ornithol.* 51: 101—109. ● Ders. (1980b): The effect of age and wear on color bands. *J. Field Ornithol.* 51: 213—217. ● Berger, D. D., & H. C. Mueller (1960): Band retention. *Bird-Banding* 31: 90—91. ● Bub, H., & H. Oelke (1980): Markierungsmethoden für Vögel. Neue Brehm-Bücherei, Bd. 535. Wittenberg Lutherstadt. ● Coulson, J. C. (1976): An evaluation of the reliability of rings used on Herring and Lesser Black-Backed Gulls. *Bird Study* 33: 21—26. ● Harris, M. P. (1980): Loss of weight and legibility of bird rings. *Ringings and Migr.* 3: 41—48. ● Hatch, J. J., & I. C. T. Nisbet (1983a): Band wear and band loss in Common Terns. *J. Field Ornithol.* 54: 1—16. ● Dies. (1983b): Band wear in Arctic Terns. *J. Field Ornithol.* 54: 91. ● Kadlec, J. A., & W. H. Drury (1969): Loss of bands from adult Herring Gulls. *Bird-Banding* 40: 216—221. ● Kalchreuter, H. (1981): Habichte verlieren Ringe. *Corax* 8: 317—318. ● Ludwig, J. P. (1967): Band loss — its effect on banding data and apparent survivorship in the Ring-billed Gull population of the Great Lakes. *Bird-Banding* 38: 309—323. ● Ders. (1981): Band wear and band loss in the Great Lakes Caspian Tern population and a generalized model of band loss. *Colonial Waterbirds* 4: 174—186. ● Marion, W. R., & J. D. Shamis (1977): An annotated bibliography of bird marking techniques. *Bird-Banding* 48: 42—61. ● Nelson, L. J., D. R. Anderson & K. P. Burnham (1980): The effect of band loss on estimates of annual survival. *J. Field Ornithol.* 51: 30—38. ● Nisbet, I. C. T., & J. J. Hatch (1983): Band wear and band loss in Roseate Terns. *J. Field Ornithol.* 54: 90. ● Poulding, R. H. (1954): Loss of rings by marked Herring Gulls. *Bird Study* 1: 37—40. ● Richardson, S. C. (1980): Compensating for ring loss. *Bird Study* 27: 257—258. ● Spear, L. (1980): Band loss from the Western Gull on Southeast Farallon Island. *J. Field Ornithol.* 51: 319—328. ● Thomas, C. B. (1979): Ring loss from Canada Geese. *Bird Study* 26: 270—271. ● Ziesemer, F. (1981): Habichte (*Accipiter gentilis*) verlieren Ringe. *Corax* 8: 211—212. ● Ders. (1983): Untersuchungen zum Einfluß des Habichts (*Accipiter gentilis*) auf Populationen seiner Beutetiere. Dissertation Kiel 1983. Beiträge zur Wildbiologie, Heft 2, Kronshagen.

Anschriften der Verfasser: Prof. Dr.-Ing. D. Hummel, Institut für Strömungsmechanik, Technische Universität Braunschweig, Bienroder Weg 3, D-3300 Braunschweig; Prof. Dr.-Ing. G. Lange, Institut für Werkstoffe, Technische Universität Braunschweig, Langer Kamp 8, D-3300 Braunschweig.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Vogelwarte - Zeitschrift für Vogelkunde](#)

Jahr/Year: 1985/86

Band/Volume: [33\\_1985](#)

Autor(en)/Author(s): Hummel Dietrich, Lange Günther

Artikel/Article: [Werkstoffkundliche Untersuchungen an Vogelringen 121-130](#)