

Feuerwerk verursacht starke Störung von Wasservögeln

Stefan Werner



WERNER, S. (2015): Strong disturbance of waterbirds caused by fireworks. Ornithol. Beob. 112: 237–249.

Since several years up to five fireworks per year have been displayed on the island of Mainau at Lake Constance close to an internationally important waterbird conservation area. The pyrotechnics were displayed during the breeding, moulting and migration seasons of waterbirds. In this study, the waterbirds were counted before, during (with night vision glasses) and after a two-part firework display, which was conducted on 13 September in 2010. It caused severe flight reactions of all waterbird species, especially Red-crested and Common Pochards, Eurasian Coots, Great Crested Grebes und Mute Swans. During the fireworks, over 4000 waterbirds disappeared from the area within a few minutes. The effects seem to be strongest in the breeding season and during wing moult. Even two days after the fireworks the number of wing-moulting and thus flightless Great Crested Grebes was reduced, as were the numbers of resting waterbirds. The disturbance of waterbirds caused by fireworks is considerable and is not compatible with the conservation aims of an EU Special Protection Area. As the importance of the moulting area seemed to be lowered, the fireworks were stopped after this study in 2010. Since then, the number of wing-moulting Red-crested Pochards seems to increase. Fireworks close to bird-rich areas should be banned – especially during breeding and wing-moult.

Stefan Werner, Ornithologische Arbeitsgemeinschaft Bodensee, Blumenstrasse 9, D-78465 Konstanz, s.werner@hydra-institute.com

Die Auswirkungen von Feuerwerken auf Vögel wurden bislang wenig untersucht. Lange Zeit waren die Beobachtungen von Blaser (1993) an Schwarzhalstauchern *Podiceps nigricollis*, die sich nach dem Thuner Seenachtsfest verlagerten, die einzig verfügbaren Hinweise. Erst Shamoun-Baranes et al. (2011) konnten aufgrund von nächtlichen Radarmessungen in den Niederlanden nachweisen, dass Vögel panikartig vor Feuerwerken fliehen: Selbst Stunden nach dem Neujahrsfeuerwerk befanden sich noch grosse Mengen an Vögeln in der Luft. Den Autoren gelang jedoch lediglich die Differenzierung der gestörten Vögel in drei Grössenklassen, die Gänse-, Enten-, und Singvogel-

grösse entsprechen. Weggler (2015) beobachtete massive Reaktionen von Wasservögeln auf Silvesterfeuerwerke am Zürichsee.

Die Auswirkungen dieser feuerwerksbedingten Schockreaktion auf einzelne Individuen sind nicht untersucht. Allgemein führen Stressreaktionen bei Vögeln zu einer Ausschüttung von Corticosteron. Hohe Konzentrationen dieses Hormons lösen physiologische und Verhaltensänderungen aus; so werden Energiereserven mobilisiert und die Fortpflanzung sowie die Immunabwehr unterdrückt (Jenni-Eiermann et al. 2014). Meist reagieren die Vögel mit Flucht, die jedoch z.B. bei Entenvögeln während der Vollmauser nur eingeschränkt

möglich ist und während der Brutzeit zu einem Entscheidungsprozess bezüglich der Aufgabe der Nachkommen führt.

Über den Effekt von Feuerwerken auf die Attraktivität von Mauser-, Rast- und Durchzugsgebieten oder Schlafplätzen ist nichts bekannt. Allgemein suchen Wasservögel nur gut geeignete, störungsarme Mausergebiete in den Folgejahren wieder auf (von Krosigk & Köhler 2000).

Ziel der vorliegenden Studie war die Untersuchung der kurzfristigen Wirkungen eines Feuerwerks auf grosse Wasservogelbestände während der Brut-, Mauser- und Zugzeit. Es sollte zudem aus diesen Ergebnissen abgeleitet werden, ob Feuerwerke zu einer Abwertung von Brut-, Mauser- und Rastgebieten führen können.

1. Untersuchungsgebiet und Methode

1.1. Untersuchungsgebiet

Der Bodensee (395 m ü.M.) ist in Mitteleuropa von grosser Bedeutung für mausernde, auf dem Zug rastende und überwinternde Wasservögel (Stark et al. 1999). Im Sommerhalbjahr und im Frühherbst sind grössere Wasservo-

gelansammlungen jedoch nur innerhalb von solchen Flachwasserzonen anzutreffen, die frei von Freizeitaktivitäten sind (Schuster 2008). Die wichtigsten Wasservogelschutzgebiete befinden sich am flacheren, röhrichtbewachsenen Untersee. Am mehrheitlich steilufrigen und nährstoffärmeren Obersee mausern die Vögel nur in wenigen unter Schutz stehenden Flachwasserzonen. Im nordwestlichen Bereich des Obersees und am Überlingersee sind die beiden Mainaubuchten Obere und Untere Güll der wertvollste Mauser- und Ruheplatz für Wasservögel (Abb. 1).

Die Güllbuchten sind zwei dicht mit Schilf bestandene Flachwasserbuchten mit Ufergehölzen. Sie werden durch die Besucherbrücke zur Insel Mainau von einander getrennt (425 m ü.M.). Die sogenannte «Blumeninsel» Mainau wird jährlich von 1,6 Millionen Tagesgästen besucht. Die seeseitigen Wasserflächen der Mainaubuchten unterliegen im Sommer einem hohen Nutzungsdruck durch ankernde Motorboote sowie Kanuten und Ruderer (Jacoby 1999). Teile der Flachwasserbuchten Obere Güll und Untere Güll sind seit 1998 als Naturschutzgebiet (NSG) ausgewiesen und sichtbar mit rot-weiss-roten Bojen markiert. Seit dem Jahre 2001 besteht zudem das EU-Vogel-

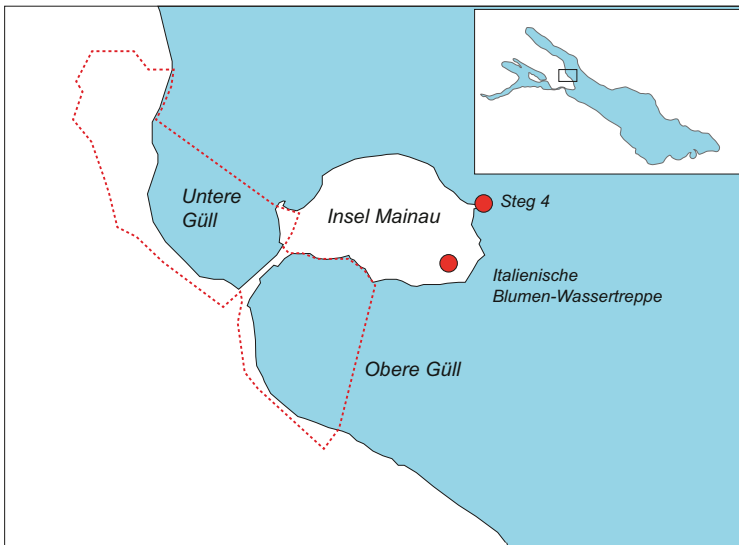


Abb. 1. Untersuchungsgebiet. Rot gestrichelte Linie = Naturschutzgebiet. Blaue Kreise = Standorte der Feuerwerke. – Study Site. Dotted red line = Nature conservation area. Blue dots = location of fireworks.

Tab. 1. Maximalbestände verschiedener Wasservogelarten, die seit Beginn der Wasservogelzählung im Jahre 1962 bis zum Jahre 2010 erfasst wurden (Wasservogelzählung der Ornithologischen Arbeitsgemeinschaft Bodensee OAB). – *Maximum counts of different waterbird species from the beginning of the waterbird counts in 1962 up to the year 2010.*

Art		Untere Güll		Obere Güll	
		Maximum	Datum	Maximum	Datum
Reiherente	<i>Aythya fuligula</i>	28 000	Nov. 2003	12 060	Dez. 1998
Tafelente	<i>Aythya ferina</i>	14 000	Okt. 2009	5 102	Jan. 2010
Blässhuhn	<i>Fulica atra</i>	2 980	Okt. 2001	3 101	Jan. 2009
Haubentaucher	<i>Podiceps cristatus</i>	1 068	Sept. 1998	255	Okt. 2009
Kolbenente	<i>Netta rufina</i>	916	Sept. 2000	1 300	Sept. 2010
Schellente	<i>Bucephala clangula</i>	458	Dez. 2003	226	Dez. 2003
Stockente	<i>Anas platyrhynchos</i>	368	Feb. 2000	900	Sept. 2003
Höckerschwan	<i>Cygnus olor</i>	103	Jan. 2009	152	Sept. 1999
Schnatterente	<i>Anas strepera</i>	95	Sept. 2001	131	Dez. 2004

schutzgebiet «Überlinger See des Bodensees», das die Insel Mainau umschliesst; seine Grenzen sind nicht gekennzeichnet.

1.2. Bedeutung des Untersuchungsgebiets für Wasservögel

Das unmittelbar an die Mainau angrenzende Naturschutzgebiet «Obere und Untere Güll» beherbergt regelmässig grosse Wasservogelmengen. Mehrfach rasteten über 20 000 Wasservögel in den Mainaubuchten, was den internationalen Kriterien für die Anerkennung als EU-Vogelschutzgebiet genügt. Weiterhin rasteten von der Kolbenente innerhalb der Mainaubuchten mehrfach über 1 % der südwest-/mitteleuropäischen Population (Tab. 1); generell halten sich die Wasservögel eher in der Unteren Güll auf, allerdings gibt es zwischen beiden Buchten einen regen Austausch. Seit der Unterschutzstellung 1998 bauen sich die Wasservogelbestände früh und rasch auf; bereits im September sind um die 7000 Wasservögel anwesend. Im Oktober erreichen die Wasservogelzahlen durchschnittlich über 17 000 Individuen, danach gibt es einen kontinuierlichen Rückgang bis in den April, in dem fast nur noch Brutvögel anwesend sind (Abb. 2). Diese Phänologie weicht vom sonst am Bodensee üblichen Verlauf mit einem Gipfel im November und hohen Beständen bis Januar (Stark et al. 1999) deutlich ab. Doch auch während der

Brutzeit hat das Gebiet eine hohe Bedeutung, z.B. für den Haubentaucher, von dem hier bis zu 200 Paare brüten.

Durch die im September beginnenden Wasservogelzählungen wird der Aufbau der Mau-

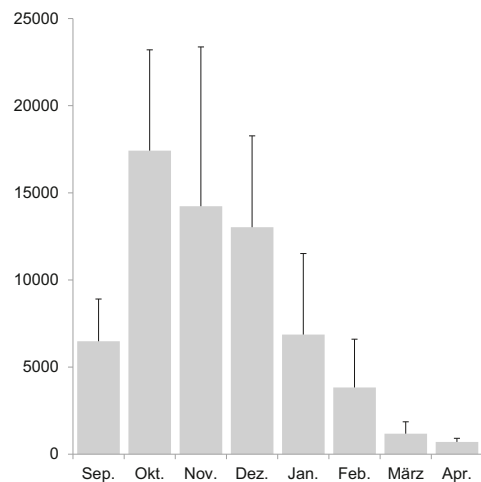


Abb. 2. Phänologie der Wasservögel (Mittelwert + Standardabweichung) in den Güllbuchten der Insel Mainau seit der Unterschutzstellung 1998 (Daten der Wasservogelzählung von September 1998 bis April 2009). – *Phenology of waterbirds (mean + standard deviation) in the bays «Güllbuchten» of the island of Mainau since their protection 1998 (results of the monthly waterbird counts from September 1998 to April 2009).*

serbestände in den Güllbuchten nicht erfasst, weswegen ab 2008 bereits im Juni mit Bestandserfassungen begonnen wurde. In beiden Buchten steigen die Zahlen, von etwa 350 Ind. im Juni ausgehend, stetig an. Zur Hauptmauserzeit von Juli bis Mitte August sind etwa 1750 Vögel in beiden Buchten. Die häufigsten Mauservögel bis zum Jahre 2010 waren in dieser Reihenfolge: Haubentaucher (maximal 1070 Ind. im Jahr 2003; Schuster 2008), Kolbenente (max. 398 Ind. im Jahr 2008) und Blässhuhn (max. 540 Ind. im Jahr 2010). Nach der Mauser steigt der Bestand bis Mitte September durch Zuzug fast exponentiell an. So hielten sich im Spätsommer 2008 allein in der Unteren Güll am 31. August bereits 2521 Ind. auf, etwa 3,5-mal soviel wie zwei Wochen zuvor (721 Ind.). Bis Mitte September 2008 stieg der Bestand dann nochmals steil auf 7839 Individuen an (eigene Daten), was einer Verzehnfachung der Bestände innerhalb von vier Wochen entspricht. Vor allem im Herbst und Winter handelt es sich bei den Güllbuchten primär um Tagesruheplätze, die nachts zur Nahrungssuche verlassen werden (Werner et al. 2005). Im Sommer zur Mauser- und Brutzeit werden sie aber auch intensiv zur Nahrungssuche genutzt.

1.3. Feuerwerke auf der Insel Mainau

Der Beginn der langjährigen Feuerwerkstradition auf der Insel Mainau war nicht mehr nachzuerfolgen. Mindestens seit dem Jahr 2000 fanden 4–5 Feuerwerke pro Jahr statt, die in der Tourismussaison, meist im Rahmen von Hochzeitsveranstaltungen oder Firmenfeiern, zwischen Mai und September abgebrannt wurden – also innerhalb der Brut- und Mausersaison zahlreicher Vogelarten. Bislang gab es vor der Genehmigung eines Feuerwerks jeweils eine Einzelfallprüfung der Naturschutzbehörden; es existierte jedoch keine fundierte Entscheidungsgrundlage. Das Einholen der Genehmigung für geplante Feuerwerke war stets Sache der verschiedenen Pyrotechnikunternehmen. Obwohl die Insel Mainau GmbH lediglich die Lokalität für die Feuerwerke zur Verfügung stellte, war es für die Jahre 2008 bis 2010 möglich, die Anzahl von Feuerwerken pro Saison zu recherchieren. Die Statistik der

Jahre 2008 und 2009 repräsentiert gemäss der Mainau GmbH das übliche Muster. Im Jahre 2008 fanden fünf Feuerwerke zwischen dem 10. Mai und dem 20. September statt; 2009 waren es ebenfalls fünf Feuerwerke zwischen dem 30. Mai und dem 19. September. Im Jahr 2010 wurden nur zwei Feuerwerke genehmigt: eines am 12. Juni und das hier untersuchte «Testfeuerwerk» am 13. September.

Aus naturschutzrechtlichen Gründen wurde – wenn Feuerwerke genehmigt wurden – der am weitesten von den NSG-Grenzen entfernte Punkt der Insel, der sogenannte Steg 4, als Standort für Feuerwerke favorisiert. Dieser Steg befindet sich im Hafen der Bodensee-Schiffahrtbetriebe im Osten der Insel. Er ist vom bevorzugten Aufenthaltsort der Wasservögel in der Unteren Güll etwa 1,2 km und von jenem in der Oberen Güll etwa 1,3 km entfernt (Abb. 1). Zwischen den NSGs und diesem Standort liegt die Insel mit einer Höhe von etwa 30 m über dem mittleren Bodenseewasserstand und einem hohen Baumbewuchs. Daher wurde bei der naturschutzbehördlichen Genehmigung der Feuerwerke an diesem Standort von einer Dämpfung der Pyrotechnik-Effekte ausgegangen. Der einzige Alternativstandort für Feuerwerke befindet sich am Fuss der sogenannten «Italienischen Blumen-Wassertreppe» im Südosten der Insel (Abb. 1). Da hier von einer geringeren topografischen Abschirmung des Feuerwerks in Richtung der Oberen Güll auszugehen ist, wurde dieser Standort nur selten von den Naturschutzbehörden genehmigt. Er ist vom bevorzugten Aufenthaltsgebiet der Wasservögel in der Unteren Güll etwa 1,2 km und von jenem in der Oberen Güll etwa 0,9 km entfernt (400 m näher als vom Steg 4).

1.4. Versuchsdesign und Ablauf des Feuerwerks

Um die Auswirkungen von Feuerwerken auf die Wasservogelbestände in den Güllbuchten zu beurteilen, wurde mithilfe des Gewerbeaufsichtsamts Konstanz ein Feuerwerk organisiert, das im Rahmen der Betriebsfeier der Insel Mainau GmbH am 13. September 2010 stattfand. Der Ablauf des Feuerwerks konnte an ökologische Fragestellungen angepasst werden. Um zu testen, ob es Standortunterschiede

Tab. 2. Zähltermine unmittelbar vor, während und in den ersten Tagen nach dem Feuerwerks. – *Dates of the censuses before, during and after the fireworks.*

Lage	Datum	von	bis	Bemerkungen
Vor dem Feuerwerk	13. Sept. 2010	18.00 h	20.30 h	vor Sonnenuntergang
	13. Sept. 2010	21.20 h	22.00 h	nach der Dämmerung
Während des Feuerwerks	13. Sept. 2010	22.03 h	22.29 h	inkl. 18 min Pause
Nach dem Feuerwerk	13. Sept. 2010	22.30 h	23.30 h	
	14. Sept. 2010	07.00 h	08.30 h	nach Sonnenaufgang
	15. Sept. 2010	18.00 h	19.30 h	

bezüglich der Auswirkungen gibt, wurden am Steg 4 und an der Wassertreppe Feuerwerke gezündet. Weiterhin sollte geprüft werden, ob die Dauer eines Feuerwerks Einfluss auf das Ausmass der Störung hat. Daher fand ein kurzes Vorfeuerwerk (0,5 min) statt (Steg 4). Nach 18 min Pause begann das Hauptfeuerwerk von der Blumentreppe aus (8 min). Getestet wurden unter anderem Feuerwerkskörper mit einer maximalen Steighöhe von etwa 150 m. Die Intensität des Feuerwerks entsprach einer Maximalvariante, die bei Festivitäten auf der Mainau zum Einsatz kommt. Vom Gewerbeaufsichtsamt wurden bei Konstanz-Egg, etwa 1000 m von der Wassertreppe entfernt, orientierende Messungen zur Lärmemission durchgeführt.

1.5. Bestandserfassungen

Ab Juni wurden an fünf Zählterminen sämtliche Wasservögel im Rahmen der Sommerwasservogelzählung der Ornithologischen Arbeitsgruppe Bodensee (OAB) erfasst; deren Ergebnisse sind in dieser Studie berücksichtigt. Dabei wurden Wasservogelfamilien sowie der Anteil der Mauservögel separat notiert. Wasservögel in Handschwingermauser lassen sich am Fehlen der Schwungfedern und einem dadurch bedingten «Mauserknick» auf dem Rücken erkennen. Am Tag des Feuerwerks und danach wurden die Wasservogelbestände in beiden Güllbuchten innerhalb und ausserhalb des Naturschutzgebietes in zeitlich geringerer Auflösung gezählt (Tab. 2).

Die Verteilung der Vögel in den beiden Buchten wurde vom Autor von einem Standort auf dem Steg der Insel Mainau aus erfasst.

Das Verhalten der Wasservögel wurde ebenfalls erhoben. Nachts kam zur Beobachtung ein Restlichtverstärker von Zeiss (Orion B, 8-fache Vergrößerung) zum Einsatz, um die Reaktionen der Vögel zu beobachten und zu dokumentieren. Tags und in der Dämmerung wurde mit einem Spektiv gezählt (Leica Apo Televid 82, 25–50-fache Vergrößerung).

2. Ergebnisse

2.1. Charakterisierung des Feuerwerks

Um 22.03 h, etwa 1,5 h nach Einbruch der Dunkelheit, wurden vom Steg 4 aus innerhalb von etwa 30 s fünf Feuerwerkskörper (150 m Steighöhe) gezündet. Nach 18 min Pause begann dann ein achtminütiges Feuerwerk mit diversen Feuerwerkskörpern (ebenfalls bis 150 m Steighöhe) am Fusse der Wassertreppe. In etwa 1000 m Abstand wurde die Emissionsgrenze von 70 Dezibel für seltene Ereignisse – unabhängig vom Standort – weit überschritten. Genauere Angaben waren dem Gewerbeaufsichtsamt rechtlich nicht möglich, da keine Eichmessung stattfand. Eine Abschirmung optischer und akustischer Reize ist ab einer ungefähren Steighöhe der Feuerwerkskörper von 50 m nicht gegeben.

2.2. Brut- und Mauservogelbestand im Jahr 2010

Der Bruterfolg war 2010 bei allen Wasservogelarten eher gering, da der Wasserstand des Bodensees mit einem späten Anstieg ungünstig verlief. Zahlreiche Nester wurden überflutet. Nur in ihrer Brutbiologie plastische Arten wie

Tab. 3. Anzahl Wasservogelfamilien im Sommer 2010 im Bereich der Insel Mainau. – *Number of waterbird families in summer 2010 in the surroundings of the island Mainau.*

Art		Obere Güll	Untere Güll	Gebietssumme
Haubentaucher	<i>Podiceps cristatus</i>	14 Fam. mit 14 juv.	14 Fam. mit 19 juv.	28 Fam. mit 33 juv.
Zwergtaucher	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	–	2 Fam. mit 2 juv.	2 Fam. mit 2 juv.
Stockente	<i>Anas platyrhynchos</i>	5 Fam. mit 32 juv.	1 Fam. mit 7 juv.	6 Fam. mit 39 juv.
Kolbenente	<i>Netta rufina</i>	3 Fam. mit 12 juv.	7 Fam. mit < 23 juv.	10 Fam. mit < 35 juv.
Blässhuhn	<i>Fulica atra</i>	6 Fam. mit 10 juv.	6 Fam. mit 6 juv.	12 Fam. mit 16 juv.

Haubentaucher und Blässhuhn konnten einen Teil der Verluste mit Spätbruten kompensieren (Tab. 3). In beiden Güllbuchten brüten in der Regel etwa 200 Haubentaucherpaare, 2010 gab es jedoch nur 28 erfolgreiche Familien. Lediglich die Kolbenente verzeichnete 2010 ein gutes Brutergebnis (Tab. 3). Bei dieser Art konnten am 13. September zwei wenige Tage alte pulli beobachtet werden, die bis zum Flügengeworden noch etwa 6–7 Wochen bräuchten (Anfang November). Am 13. September wurden weiterhin noch zwei Blässhuhnfamilien mit mindestens zwei frischgeschlüpften pulli, 14 Haubentaucherfamilien mit 17 Jungen (davon 5 Familien mit je einem maximal zwei Tage alten pulli) sowie zwei Zwergtaucherfamilien mit je einem nicht-flüggen Jungen und eine nicht-flügge Stockente beobachtet.

Im Jahr 2010 mauserten in beiden Buchten mindestens 460 Haubentaucher, 38 Höcker-

schwäne, 344 Kolbenten, 530 Blässhühner sowie 40 Stock-, 30 Reiher- und 10 Tafelenten das Grossgefieder. Weiter mauserten 2 Schnatterenten, 2 Moorenten *Aythya nyroca* sowie 1 Schellente die Handschwinge. Zum Zeitpunkt der Untersuchung befanden sich vermutlich alle Haubentaucher, etwa 10 Tafelenten, 15 Reiherenten, 10 Höckerschwäne, noch etwa 40 Kolbenten (primär ♀) und 1 Schellente in Handschwinge.

2.3. Wasservogelbestände vor dem Feuerwerk

Am Abend des 13. September 2010 hielten sich vor dem Feuerwerk zwischen 18.00 und 20.30 h 7539 Wasservögel in beiden Buchten auf. Die häufigsten Arten waren Reiherente (2865 Ind.), Tafelente (1025 Ind.), Blässhuhn (1640 Ind.), Kolbenente (1340 Ind.) und Haubentaucher (483 Ind.); weiter wurden 64 Stock-

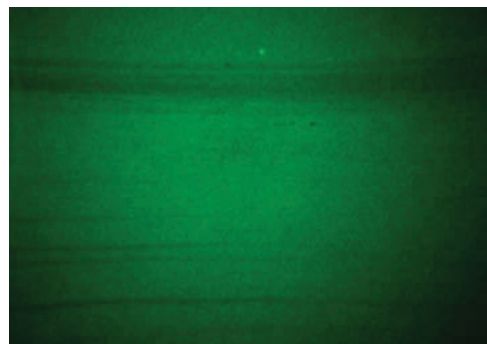


Abb. 3. Links: 2900 Kolbenten und Blässhühner sind kurz vor dem Feuerwerk über die gesamte Wasseroberfläche der Oberen Güll verteilt (Ausschnitt des Trupps; 13. September, 21.50 h). Rechts: Die Wasseroberfläche ist nach dem Feuerwerk vogelleer (22.30 h). – *Left: 2900 Red-crested Pochards and Eurasian Coots are widely distributed over the water surface of the bay Obere Güll before the fireworks (part of the flock; 13 September, 21.50 h). Right: no waterbirds are left after the fireworks (22.30 h).*

Tab. 4. Wasservogelfamilien vor (vorher) und nach dem Feuerwerk (nachher) am Abend des 13. September 2010. Kleine pulli = frischgeschlüpfte Jungvögel. – *Waterbird families before («vorher») and after («nachher») the fireworks on the evening of 13 September 2010.* «Familien» = number of families; «Juvenile» = number of juveniles; «kleine pulli» = number of newly hatched chicks.

Arten	Anzahl	Obere Güll			Untere Güll			Gebietssumme	
		vorher	nachher		vorher	nachher		vorher	nachher
		13.9.	14.9.	15.9.	13.9.	14.9.	15.9.	13.9.	14./15.9.
Haubentaucher	Familien	6	4	6	8	2	5	14	11
	Juvenile	6	5	6	11	2	5	17	12
	kleine pulli	1	–	1	4	–	1	5	2
Zwergtaucher	Familien	–	–	–	2	–	–	2	–
	Juvenile	–	–	–	2	–	–	2	–
Stockente	Familien	1	–	–	–	–	–	1	–
	Juvenile	1	–	–	–	–	–	1	–
Kolbenente	Familien	–	–	–	1	–	–	1	–
	Juvenile	–	–	–	2	–	–	2	–
Blässhuhn	Familien	–	1	1	2	1	1	2	2
	Juvenile	–	>1	2	>2	1	1	>2	3

enten, 50 Höckerschwäne, 20 Schnatterenten, 9 Schwarzhalstaucher, 7 Krickenten *Anas crecca* und 4 Zwergtaucher, 1 Schellente und 1 Moorente erfasst. Ein Kormoran *Phalacrocorax carbo*, ein Graureiher *Ardea cinerea*, 2 Eisvögel *Alcedo atthis*, ein Flussuferläufer *Actitis hypoleucos* und 25 Lachmöwen *Larus ridibundus* waren ebenfalls anwesend.

Mit 1340 Kolbenenten war ein neuer Höchstbestand für das Gesamtgebiet anwesend, der etwa 2,5 % der südwest-/mitteleuropäischen Population darstellt und die herausragende Bedeutung der beiden Güllbuchten eindrucksvoll untermauert. Die Wasservögel hielten sich vor Sonnenuntergang sehr nah am Schilfsaum beider Buchten auf. In der Dämmerung flogen alle 2730 Reiher- und vermutlich alle flugfähigen Tafelenten (360 Ind.) aus der Unteren Güll zu den nächtlichen Nahrungsplätzen in südliche Richtung ab. Die Tafelenten in der Oberen Güll (655 Ind.) verblieben im Gebiet (Abb. 4).

Zwischen 21.30 und 22.00 h konnte eine Verlagerung der Wasservogelbestände festgestellt werden. Der Grossteil der Blässhühner sowie die Kolbenenten verlagerten sich schwimmend in die Obere Güll, wo 1600 Blässhühner und 1300 Kolbenenten bei der

nächtlichen Nahrungssuche beobachtet wurden (Abb. 3); sie waren in der gesamten Bucht weit verteilt. In der Unteren Güll hielten sich gegen 22 h nur noch 10 Höckerschwäne, um die 250 Haubentaucher und etwa 10 Blässhühner auf. Vor dem Feuerwerk waren noch 4035 Vögel in den beiden Güllbuchten.

2.4. Bestände und Reaktion der Wasservögel während und kurz nach dem Feuerwerk

Durch das Feuerwerk am 13. September 2010 wurden über 95 % aller Wasservögel aus dem Gebiet vertrieben. Mit den ersten Lichtblitzen zu Beginn des kurzen Feuerwerks vom Steg 4 aus (22.03 h) schwammen die 1600 Blässhühner und 1300 Kolbenenten von der offenen Wasserfläche der Oberen Güll zurück zum landseitigen Röhricht des NSGs, noch bevor die Explosion der Feuerwerkskörper zu hören war. Innerhalb der etwa 3–4 s, die der Schall brauchte, flogen die Vögel schwimmend. Nach dem zweiten akustisch wahrnehmbaren «Schuss» flogen etwa 50 % dieses Trupps auf, nach dem dritten Schuss flogen alle Kolbenenten und Blässhühner in die Uferzone des NSGs, wo sie auch nach dem fünften Schuss verblieben. Die Vögel flügelten oft und

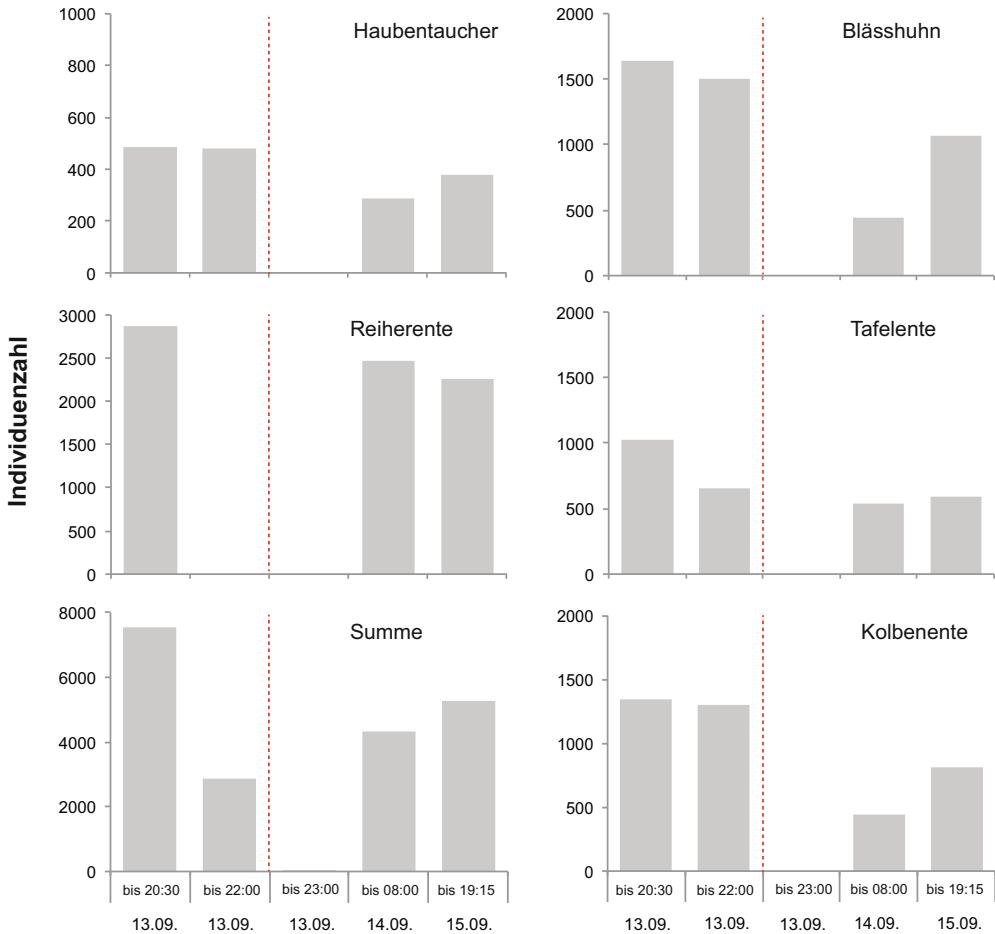


Abb. 4. Bestandsveränderungen der häufigsten Wasservogelarten in den Müllbucht im Zusammenhang mit den Feuerwerken am 13. September 2010. Das Feuerwerk fand von 22.03 bis 22.29 h statt (rote Linie). Die genauen Erfassungszeiten sind in Kap. 1.5 und Tab. 2 beschrieben. – *Changes in the number of the most common waterbirds in the bays «Müllbucht» associated to the fireworks on 13 September 2010. The fireworks took place from 22.03 to 22.29 h (red line). The observation times are described in Chapter 1.5 and Table 2.*

putzten sich. Nach 18 min Pause begann das Hauptfeuerwerk vom Fusse der Italienischen Blumen-Wassertreppe. Es dauerte von 22.22 bis 22.29 h. Die Beobachtungen konzentrierten sich auf die Obere Müll. Bereits nach dem zweiten und dritten akustisch feststellbaren Schuss flogen alle flugfähigen Wasservogel (Kolbenenten, Blässhühner und Tafelenten) aus der Oberen Müll – lediglich zehn Höckerschwäne verblieben. Die flüchtenden Was-

servogel verließen das Gebiet im niedrigen Flug nach Norden. Sie kehrten bis mindestens 23.30 h nicht ins Gebiet zurück (Abb. 3, 4).

Die Höckerschwäne schwammen während des Feuerwerks aufgeregt umher und sammelten sich in einem Trupp. Bei den hellsten und lautesten Feuerwerkskörpern versuchten sie panikartig ins Schilfröhricht zu fliegen, obwohl sie nach der Mauser noch nicht vollständig flugfähig waren. Die Schwäne peitschten

mit den Flügeln ins dichte Röhricht, fanden allerdings aufgrund ihrer Grösse keinen Weg hinein. Wohl nur aufgrund der schlechten Flugfähigkeit verblieben sie aber im Gebiet. Nach dem Feuerwerk zeigten sie Komfortverhalten und sie «riefen» permanent; auch die 40 Höckerschwäne in der Unteren Güll verblieben.

Die noch Junge führenden Haubentaucher und Blässhühner blieben wohl allesamt im Gebiet, jedoch flüchteten sie ins überflutete Röhricht, aus dem ständig Warn- und Angstrufe zu vernehmen waren. Selbst 10 min nach dem Feuerwerk hatten sich die Brutvögel noch nicht beruhigt. Die mausernden Haubentaucher waren kurz nach dem Feuerwerk nicht mehr auf der offenen Wasserfläche sichtbar; wohin sie auswichen, ist unbekannt.

2.5. Entwicklung der Wasservogelbestände nach dem Feuerwerk

2.5.1. Mauser- und Rastvögel

Am Morgen nach dem Feuerwerk (14. September 2010) kehrten von den vor dem Feuerwerk zur Nahrungssuche abgeflogenen Reiherenten wieder 2470 Individuen (86 % des Bestands vom Vorabend) ins Gebiet zurück. Da diese im nächtlichen Nahrungsgebiet das Feuerwerk mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht mitbekommen haben, wird diese Bestandsänderung als natürliche Schwankung des Bestands betrachtet.

Von der Tafelente waren nur noch 540 Individuen anwesend (52,7 % des Vorabends). Von den 1025 Ind. am 13. September gingen 655 Ind. nicht auf nächtliche Nahrungsflüge; sie wurden durch das Feuerwerk verschreckt (Abb. 4).

Auch die weiteren Wasservogelarten, die durch das Feuerwerk aufgeschreckt wurden, zeigten am 14. September reduzierte Bestände (Abb. 4). Im Gesamtgebiet befanden sich nur noch 59,8 % der Haubentaucher (289 Ind.), 32,8 % der Kolbenenten (440 Ind.) und 26,8 % Blässhühner (440 Ind.). Selbst am Abend des zweiten Tages (15. September) hatten die Bestände trotz einer Erhöhung der Zahlen ihre vorherige Stärke nicht mehr erreicht: Es wurden 76,6 % der Haubentaucher (370 Ind.), 60,8 % der Kolbenenten (815 Ind.) und 64,6 %

Blässhühner (1060 Ind.) ermittelt. Der Reiherentenbestand sank auf 79,1 %. Ein Teil der zumindest grossteils handschwingenmausernden Haubentaucher wich trotz der Flugunfähigkeit aus dem Gebiet. Die handschwingenmausernden Tafel-, Reiher- und Kolbenenten sowie die Schellente konnten nicht mehr beobachtet werden, die Höckerschwäne waren noch anwesend.

2.5.2. Bestandsveränderungen der Junge führenden Wasservögel

Die beiden Blässhuhnfamilien konnten an beiden Zählungen nach dem Feuerwerk wieder beobachtet werden, es kam jedoch zur Verlagerung einer der beiden Familien in die Obere Güll. Beim Haubentaucher schien sich der Bestand der frisch geschlüpften Jungvögel reduziert zu haben. Von 5 wenige Tage alten pulli vor dem Feuerwerk waren am 14. und 15. September nur noch zwei nachweisbar. Nach den Feuerwerken wurden weder die jungen Zwergtaucher noch die jungen Kolben- und Stockenten wieder gesehen (Tab. 4).

3. Diskussion

3.1. Intensität und Auswirkung der Störung eines Feuerwerks

Die beiden Feuerwerke verursachten standortunabhängig starke Fluchtreaktionen der Wasservögel. Platteeuw & Henkens (1997) haben den möglichen Einfluss von Störungen auf Wasservögel beschrieben. Döpfner & Bauer (2008) entwickelten eine Beurteilungsmethode von Störungen schwingenmausernder Wasservögel, die auf den Reaktionen der Wasservögel, der Distanz zur Störquelle und dem Anteil der gestörten Individuen beruht. Die Reaktionen der zum Zeitpunkt unserer Studie noch anwesenden handschwingenmausernden Wasservogelarten auf das mehr als 1 km entfernte Feuerwerk fallen gemäss dieser Methode in die höchste Störungskategorie. Unabhängig vom Mauserzustand war die Intensität der beobachteten Reaktionen der Vögel auf die Feuerwerke die stärkste, die ich bisher feststellen konnte. Lediglich eine mehrstündige Wasservogeljagd



Abb. 5. Blick auf die Insel Mainau und die beiden Güllbuchten. Aufnahme 7. September 2015, S. Werner. – *The island of Mainau at Lake Constance with the two «Güll» bays to the right.*

mit Dauerfeuer von mehreren Motorbooten aus, wie ich sie in Aserbajdschan erlebte, rief ähnlich heftige Reaktionen hervor, doch selbst bei dieser Intensivjagd reagierten nicht alle Wasservogelarten. Vermutlich verstärken die Lichtblitze eines Feuerwerks und die Störung bei Nacht die Effekte gegenüber einer intensiven Wasservogeljagd tagüber. Dass die Wasservogelbestände auch ein und zwei Tage nach den Feuerwerken noch reduziert sind, zeigt die Heftigkeit der Störung bei kurzer Dauer (wenige Minuten). Vor Weggler (2015) beschrieben die wenigen Untersuchungen zu Auswirkungen von Feuerwerken auf Vögel meist geringe Effekte auf Wasservogelarten (Blaser 1993, Anderegg 2006, Jödicke 2010). Diese Untersuchungen fanden jedoch ohne direkte nächtliche Beobachtungen während der Feuerwerke statt. Jödicke (2010) kam zum Fazit, dass das untersuchte Feuerwerke weder Rast- noch Brutbestand der Wasservögel auf Kleingewässern nahe Itzehoe (Schleswig-Holstein D) veränderte. Auch Blaser (1993) und Anderegg (2006) konnten keine gravierenden Auswirkungen auf die Rastbestände von Wasservögeln feststellen. Nach dem Thuner Seenachtsfest verlagerten sich 30–40 Schwarzhalstaucher (Blaser 1993). Am Rapperswiler Seenachtsfest (Oberer Zürichsee) wurden an drei Tagen vom 10. bis 12. August 2006 Feuerwerke von 30-minütiger Länge abgebrannt (Anderegg 2006). Lediglich

Blässhühner zeigten eine zwischenzeitliche Abwanderung (ihre Zahl sank von 377 Ind. vor dem Feuerwerk auf 273 Ind. am dritten Tag mit Feuerwerk), obwohl sich diese zu diesem Zeitpunkt noch in Handschwingermauser befunden haben könnten. Auf die Musersituation der Blässhühner ging Anderegg (2006) aber nicht ein. Höckerschwäne, Stockenten und Haubentaucher reagierten in Rapperswil nicht mit Bestandsreduktionen. Zu den nur vereinzelt anwesenden Arten Reiher-, Tafel- und Kolbenenten waren Aussagen diesbezüglich nicht möglich.

Shamoun-Baranes et al. (2011) und Weggler (2015) zeigten erstmals, dass das Neujahrsfeuerwerk Vögel massiv stört. Dies dürfte im Winter zu einer Reduktion der Kondition durch Stress und folglich zu lebensbedrohlichen Notlagen führen (Stickroth 2013). Ob ein einziges Feuerwerk im Winter so starke Effekte hat, um über Stress das Überleben zu schmälern, ist fraglich. Es ist jedoch unstrittig, dass diese Wahrscheinlichkeit stark ansteigt, wenn sich die Feuerwerksereignisse mehren. Ebenso dürfte dadurch das Risiko steigen, dass ein Gebiet verlassen und künftig gemieden wird.

3.2. Effekte auf Brutvögel

Anderegg (2006) vermutet, dass Feuerwerke während der Brutzeit zum Verlassen bebrüteter

Gelege und zur Versprengung von Familienverbänden führen könnten. Junge Enten sind z.B. einem erhöhten Prädationsrisiko durch Hechte ausgesetzt (Dessborn et al. 2011); dieses Risiko dürfte bei isolierten Küken noch weiter ansteigen. Auch Stickroth (2013) folgert, dass zur Brutzeit durchgeführte Feuerwerke an oder über Gewässern möglicherweise den Bruterfolg schmälern könnten. In der aktuellen Studie wurden die beiden Familien des Zwergtauchers sowie diejenigen von Kolben- und Stockente nach dem Feuerwerk nicht mehr festgestellt. Beim Haubentaucher wurden nach dem Feuerwerk nur noch zwei von fünf frischgeschlüpften pulli beobachtet. Ob die Wasservogelfamilien nach der Störung ihr Verhalten änderten und sich nur noch im überfluteten Röhricht aufhielten und daher nicht mehr nachweisbar waren, oder ob die kleinen pulli während der feuerwerksbedingten Panik verloren gegangen sind und Opfer von Prädation wurden, muss offenbleiben.

3.3. Effekte auf Mauerervögel

Durch den synchronen Abwurf der Schwungfedern werden alle Taucher, Schwäne, Enten und Rallen für mehrere Wochen vollständig flugunfähig (Stresemann & Stresemann 1966). Die Zeit der Handschwingermauser ist die sensibelste Phase im Jahreszyklus von adulten Wasservögeln (Schuster 2007, Döpfner & Bauer 2008); zu dieser Zeit dürften Feuerwerke maximale Auswirkungen auf Wasservögel haben, da sie nicht ohne weiteres fliehen können. Der dadurch verursachte Stress könnte eine starke, individuelle Stressantwort zur Folge haben. Diese (z.B. der Corticosteron-Gehalt) dürfte negativ mit den Fitnessparametern wie Wachstum, Gewicht, Reproduktionserfolg und Mortalität korrelieren (Jenni-Eiermann et al. 2014). Die gravierendsten Folgen sind vermutlich jedoch indirekt, wie das Verlassen von beeinträchtigten Gebieten und deren längerfristige Meidung. So scheint für schwingenmausernde Wasservögel die Störungsfreiheit für die Auswahl des Mauerergerbiets wichtiger zu sein als die Nahrungsverfügbarkeit (Döpfner & Bauer 2008). Am Bodensee werden vom Nahrungsangebot her geeignet erscheinende Gebiete, die aber wäh-

rend der Mauserzeit intensiv für Freizeitaktivitäten genutzt werden, nicht von Wasservögeln aufgesucht (Stark et al. 1999).

Von den Grossgefieder-Mauerervögeln veränderte sich nur der Bestand des Höckerchwans nicht. Bei den Haubentauchern kam es zu Bestandsreduktionen auf 59,8 bzw. 76 % am ersten und zweiten Tag nach der Störung. Während des Feuerwerks waren sie nicht mehr sichtbar – möglicherweise flüchteten sie tauchend aus dem Gebiet und teilweise wohl auch ins Röhricht. Die mausernden Kolben-, Tafel- und Reiherenten sowie die Schellente konnten während beider Zähltermine nach dem Feuerwerk nicht mehr beobachtet werden. Da sie nicht flugfähig waren, ist zu vermuten, dass sie ins Röhricht flüchteten und dort auch zwei Tage nach der Störung noch verharrten.

An sehr grosse, unregelmässig auftretende Störungen gewöhnen sich Wasservögel nicht (Döpfner & Bauer 2008). Die stärkste Störung geht von Faktoren aus, die Vögel in als sicher angesehenen Bereichen wie bojenmarkierten Naturschutzgebieten betreffen. Treten derartige Störungen öfter auf, wird die Qualität des Gebiets als Rast- und Mauserplatz für Wasservögel erheblich gemindert (Döpfner & Bauer 2008). Die im Untersuchungsgebiet seit mindestens 10 Jahren jährlich während der Brut- und Mauserzeit durchgeführten 4–5 Feuerwerke sind mit den Schutzziele des Gebiets nicht vereinbar. Besonders empfindliche Arten wie die Kolbenente könnten in diesem Zeitraum das Potenzial des Mauerergerbiets nicht ausgeschöpft haben. Sie besuchen nur gut geeignete, störungsarme Mauerergerbietsgebiete auch in den Folgejahren wieder (von Krosigk & Köhler 2000).

Aufgrund der in dieser Publikation vorgestellten Ergebnisse verzichtet die Mainau GmbH seit 2010 freiwillig (ohne behördliche Anordnung) darauf, Feuerwerke der Klasse 3 und 4 im Rahmen von externen Veranstaltungen anzubieten. Vorbehalten einer behördlichen Genehmigung können im Rahmen von herausragenden Jubiläen oder Veranstaltungen noch «Atmosphärische Lichtspiele» und Kleinf Feuerwerke stattfinden. Dass dies zu einer Verbesserung der Situation im Untersuchungsgebiet geführt hat, könnte anhand der Entwicklung des Mauererbestands der Kolbenente

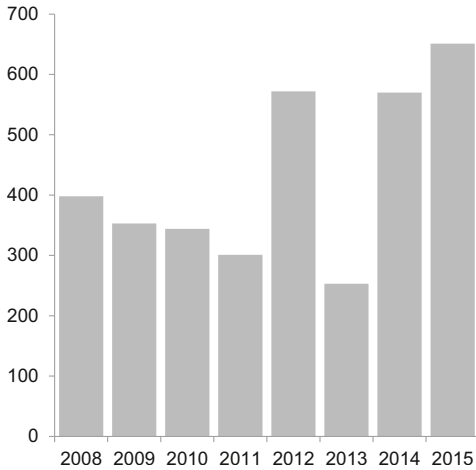


Abb. 6. Entwicklung des Mauserbestands der Kolbenente in den Güllbuchten. Ab dem Jahr 2011 fanden keine Feuerwerke mehr im Gebiet statt. – *Numbers of moulting Red-crested Pochards in the bays «Güllbuchten». Since 2011 no fireworks have taken place within the area.*

vermutet werden (Abb. 6). In den Jahren 2012 und 2014 mauserten mit jeweils etwa 570 Individuen fast ein Drittel mehr Kolbenenten wie von 2008 bis 2010, als es durchschnittlich 365 Ind. waren. Im Sommer 2015 wurde mit 651 Mauservögeln ein neues Maximum erreicht. Dass 2011 der Mauserbestand noch geringer war, könnte noch auf die Erfahrungen im Jahr 2010 zurückzuführen sein. Ob dies tatsächlich der Fall ist, werden die folgenden Jahre zeigen.

3.4. Effekt auf Rastvögel

Unter den flugfähigen Wasservögeln sind aufgrund der oben genannten Beobachtung der Reiherente, die das Gebiet zur nächtlichen Nahrungssuche verliess, Bestandsveränderungen am Tagesrastplatz um 20 % vom einen Tag auf den anderen als natürlich anzusehen. Es kann jedoch auch nicht ausgeschlossen werden, dass die Vögel die nächtliche Störung auch am Nahrungsort bemerkten. Bestandsreduktionen von zwei Dritteln und mehr, wie sie bei Blässhuhn und Kolbenente auftraten, sind auf das Feuerwerk zurückzuführen. Bei der

Tafelente ist die Analyse der Veränderung aufgrund der komplexen Reaktionen erschwert, da 655 Individuen nachts vom Feuerwerk vertrieben wurden und 370 Individuen vor der Störung auf nächtliche Nahrungsflüge gingen. Am Tag nach der Störung hielten sich noch 52,7 % des Bestands vom Vortag auf, so dass auch bei dieser Art von einer Ausweichreaktion der gestörten Vögel auszugehen ist. Weggler (2015) stellte fest, dass die Tafel- und die Reiherente besonders sensibel auf Feuerwerke reagierten.

Wasservogelerfassungen nach dem 15. September zur Beobachtung der Auswirkungen des Feuerwerks hatten keinen Sinn, da ab Mitte September ein nahezu exponentieller Bestandsanstieg der zugastenden Wasservögel im Gebiet zu verzeichnen ist (Kap. 1.2). Ob die beobachteten Bestandserhöhungen nach dem 14. September auf Individuen zurückzuführen sind, die nach dem Feuerwerk wieder an ihren angestammten Tagesruheplatz zurückkehrten, oder ob neu zugezogene Vögel dafür verantwortlich sind, muss offen bleiben. Dass auch bei flugfähigen Rastvögeln Feuerwerke starke Störungen hervorrufen, zeigten Shamoun-Baranes et al. (2011) und Weggler (2015). Es scheint, als ob die ökologischen Folgen von Feuerwerken, die der reinen Unterhaltung des Menschen dienen, bislang stark unterschätzt wurden. Künftig sollte auf Feuerwerke in Gebieten mit grossen Vogelansammlungen (Feuchtgebiete und Schlafplätze) verzichtet werden, ganz besonders zur Brut- und Mauserzeit. Im Störungsfall wirkt sich für flugfähige Wasservögel das Fehlen einer Rückzugs- und Ausweichmöglichkeit in andere nahrungsreiche Uferbereiche negativ aus (Platteuw & Henkens 1997). Ein Netz von Schutzzonen mit vollumfänglichem Schutz vor menschlichen Aktivitäten ist daher sehr wichtig.

Dank. Harald Jacoby sei herzlich für die Benutzung des Nachtsichtgeräts sowie für die Bereitstellung der Ergebnisse der Wasservogelzählungen im Gebiet gedankt, die mit grossem Einsatz von den Wasservogelzählern Diethelm Heuschen, Karsten Schäfer, Michael Hettich, Robert Morgen und zahlreichen weiteren Helfern erhoben wurden. Für die Zählhilfe und Unterstützung während der nächtlichen Erfassung danke ich meiner Partnerin Katarina Varga sehr herzlich. Heinrich Straub von der Mainau GmbH unterstützte diese Erhebung tatkräftig. Weiterhin danke

ich dem Gewerbeaufsichtsamt Konstanz und der Unteren Naturschutzbehörde in Konstanz für die gute Kooperation sowie den beiden Gutachtern Verena Keller und Martin Weggler für wertvolle Anmerkungen zum Manuskript.

Zusammenfassung

Auf der Insel Mainau im Bodensee wurden seit mehreren Jahren Feuerwerke unweit von einem bedeutenden Wasservogelschutzgebiet während der Brut-, Mauser- und Zugzeit veranstaltet. Die Wasservogelbestände wurden vor, während (mit Nachsichtgerät) und nach einem zweiteiligen Feuerwerk erfasst. Dieses Feuerwerk fand am 13. September 2010 statt; es verursachte starke Fluchtreaktionen aller anwesenden Wasservogelarten, vor allem bei Kolbenente, Tafelente, Blässhuhn, Haubentaucher und Höckerschwan. Die Beeinträchtigungen während der Brut- und Mauserzeit scheinen besonders stark. Auch zwei Tage nach dem Feuerwerk waren bei den mauserbedingt noch flugunfähigen Haubentauchern die Bestände im Gebiet reduziert, ebenso bei den Rastvögeln. Die Störungen der Wasservogelarten durch das Feuerwerk sind erheblich und nicht mit den Schutzziele eines EU-Vogelschutzgebiets vereinbar. Da die Bedeutung des Mausergebiets leiden dürfte, wird nach den Untersuchungen zu dieser Studie im Jahr 2010 im Gebiet auf Feuerwerke verzichtet. Seither scheint sich der Mauserbestand der Kolbenente zu erhöhen. Feuerwerke in vogelreichen Gebieten sollten unterlassen werden – besonders im Laufe der Brut- und Mauserzeit.

Literatur

- ANDEREGG, K. (2006): Wasservögel und Feuerwerk. Wasservogelzählungen in betroffenen und benachbarten Bereichen. www.wasservogel.ch (Stand 10. Februar 2015).
- BLASER, P. (1993): Vertreibung von Schwarzhalstauchern durch Feuerwerk und Boote. *Ornithol. Beob.* 90: 134–135.
- DESSBORN, L., J. ELMBERG & G. ENGLUND (2011): Pike predation affects breeding success and habitat selection of ducks. *Freshwater Biol.* 56: 579–589.
- DÖPFNER, M. & H.-G. BAUER (2008): Störungen von Wasservögeln während der Schwingenmauser und deren Bedeutung für die Qualität eines Mauserquartiers – ein Vergleich zweier Gebiete am Bodensee. *Ornithol. Jahresh. Baden-Württ.* 24: 105–125.
- JACOBY, H. (1999): Ornithologische Bedeutung und Status ökologisch wertvoller Landschaftsteile am Bodenseeufer und im seenahen Hinterland. S. 64–122 in: G. HEINE, H. JACOBY, H. LEUZINGER & H. STARK (Hrsg.): Die Vögel des Bodenseegebietes. *Ornithol. Jahresh. Baden-Württ.* 14/15.
- JENNI-EIERMANN, S., B. ALMASI, C. MÜLLER, B. SCHMID, A. ROULIN & L. JENNI (2014): Die Modulation der Stressantwort bei Vögeln und ihre Bedeutung für den Naturschutz. *Ornithol. Beob.* 111: 107–120.
- JÖDICKE, K. (2010): Erfassung der Brut- und Rastvögel im Bereich der Malzmüllerwiesen in der Stadt Itzehoe und Beurteilung möglicher Beeinträchtigungen durch das Feuerwerk des Frühjahrsmarktes. Gutachten im Auftrag des Amtes für Bürgerdienste, Stadt Itzehoe.
- KROSIGK, E. VON & P. KÖHLER (2000): Langfristige Änderungen von Abundanz und räumlicher Verteilung mausernder Wasservogelarten nach Änderungen von Trophiestatus, Fischbesatz und Wasserstand im Ramsar-Gebiet «Ismaninger Speichersee mit Fischteichen». *Ornithol. Anz.* 39: 135–158.
- SCHUSTER, S. (2008): Die Flügelmauser bei Wasservögeln am Bodensee. Konsequenzen für den Naturschutz. *Ornithol. Anz.* 47: 3–22.
- SHAMOUN-BARANES, J., A. M. DOKTER, H. VAN GASTEREN, E. VAN LOON, H. LEJNSE & W. BOUTEN (2011): Birds flee en masse from New Year's Eve fireworks. *Behav. Ecol.* 22: 1173–1177.
- STARK, H., H.-G. BAUER, W. SUTER & H. JACOBY (1999): Internationale Wasservogelzählung am Bodensee. Ergebnisse aus den Zählperioden 1961/62 bis 1996/97. Dynamik der Zugrast- und Überwinterungsbestände und der Einfluss von Umweltbedingungen. S. 64–122 in: G. HEINE, H. JACOBY, H. LEUZINGER & H. STARK (Hrsg.): Die Vögel des Bodenseegebietes. *Ornithol. Jahresh. Baden-Württ.* 14/15.
- STICKROTH, H. (2013): Millionenfacher Verstoß gegen das Bundesnaturschutzgesetz: Vögel fliehen in Massen vor Feuerwerken. *Falke* 60: 28–31.
- STRESEMANN, E & J. STRESEMANN (1966): Die Mauser der Vögel. *J. Ornithol.* 107, Sonderheft.
- PLATTEEUW, M. & R. J. H. G. HENKENS (1997): Possible impact of disturbance to waterbirds: Individuals, carrying capacity and populations. *Wildfowl* 48: 225–236.
- WEGGLER, M. (2015): Effekt von Silvesterfeuerwerk auf überwinternde Wasservögel im unteren Zürichsee-Becken. *Ornithol. Beob.* 112: 211–218.
- WERNER, S., M. MÖRTL, H.-G. BAUER & K.-O. ROTHHAUPT (2005): Strong impact of wintering waterbirds on zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) populations at Lake Constance, Germany. *Freshw. Biol.* 50: 1412–1426.

Manuskript eingegangen 13. Februar 2015

Bereinigte Fassung angenommen 9. September 2015