

# VERMEIDUNG VON VOGELANPRALL AN GLASFLÄCHEN

Weitere Experimente mit 9 Markierungstypen im  
unbeleuchteten Versuchstunnel

**Martin Rössler**

Biologische Station Hohenau-Ringelsdorf

Hohenau a. d. March, Dezember 2005

im Auftrag der Wiener Umweltschutzgesellschaft



# INHALT

<b>1</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>FRAGESTELLUNG UND METHODE</b>	<b>5</b>
2.1	Grundsätzliches	5
2.2	Markierungen der Glasflächen	6
2.3	Versuchsvögel	9
2.4	Untersuchungszeitraum	11
2.5	Vorversuche, Kontrollversuche und Konnex mit Vorjahresversuch	11
2.6	Datenauswertung	12
2.6.1	Videoauswertung	12
2.6.2	Ausgewertete und verworfene Daten	12
2.6.3	Statistische Methoden	13
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>14</b>
3.1	Vorbemerkungen	14
3.1.1	Überblick über das Datenmaterial	14
3.1.2	Anordnung der Versuchsscheiben	15
3.1.3	Vergleich der Ergebnisse für „10v“ zwischen den Jahren 2004 und 2005	15
3.1.4	Weitere Vergleiche zur Überprüfung der Gültigkeit der Ergebnisse	16
3.1.5	Zusammenfassung der statistischen Prüfungen zur Gültigkeit der Versuchsergebnisse	16
3.2	Versuchsergebnisse	17
<b>4</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>19</b>
4.1	Methodische Integrität der Versuche	19
4.2	Diskussion der Ergebnisse	19
4.2.1	Erwartete Ergebnisse	19
4.2.2	Ergebnisse	20
4.2.2.1	Alle Testmarkierungen sind wirksam	20
4.2.2.2	„Raster 10/20“ ist nicht weniger wirksam als „10v“	21
4.2.2.3	„Quadrate klein“ ist weniger wirksam als die restlichen Markierungen	21
4.2.3	Öffentliche Akzeptanz	21
4.2.3.1	Wirksamste Markierungen bei geringen Deckungsgraden (2004 und 2005)	21

4.2.4	Weiterführende Fragestellungen, Ausblick.....	22
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>DANK.....</b>	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>LITERATUR.....</b>	<b>26</b>

## 1 AUFGABENSTELLUNG

Das Problem Vogelschlag an Glasflächen ist mit der zunehmenden Verwendung von Glas als Lärm- und Windschutz zum Gegenstand öffentlicher Aufmerksamkeit und politischen Handlungsbedarfs geworden. Die Wiener Umweltschutzbehörde, insbesondere DI Wilfried Doppler, widmet der Problematik von Kollisionen von Vögeln an Glasflächen seit Jahren besonderes Augenmerk und hat bereits in der Vergangenheit mehrere Studien dazu veröffentlicht (z.B. ECKMAYER 2001).

2004 erging der Auftrag an die Biologische Station Hohenau-Ringelsdorf eine experimentelle Anordnung zu finden, in der vergleichende Untersuchungen der Wirkung von Markierungen an Glasflächen zur Vermeidung von Vogelschlag möglich sind. Es sollten reproduzierbare Ergebnisse unter Ausschaltung störender Parameter gefunden und Synergien mit der Vogelberingung an der Biologischen Station genutzt werden. Im Jahr 2004 wurden mit ca. 1.000 Vögeln sechs Markierungstypen getestet, von denen sich vier als hochgradig wirksam, einer als signifikant weniger wirksam und einer als unwirksam erwiesen hat. Die Ergebnisse der Untersuchungen (RÖSSLER & ZUNA-KRATKY 2004) wurden auch im Internet publiziert<sup>1</sup>.

Auf Basis dieser Ergebnisse sollten im Jahr 2005 die Experimente im Versuchstunnel an der Berirungsstation Hohenau-Ringelsdorf mit identischer Methode fortgesetzt und die Markierungen weiterentwickelt bzw. neue Typen mit Hinblick auf Akzeptanz durch Anwender geprüft werden. Die Wiener Umweltschutzbehörde beauftragte die Untersuchung von sechs Markierungen, die Stadt Wien, MA 29 Brückenbau und Grundbau ließ zwei Markierungen und die Firma Parachemie eine Plexiglasscheibe mit Polyamidfäden auf Vogelschlag-mindernde Wirksamkeit prüfen.

---

<sup>1</sup> <https://www.wien.gv.at/wua/pdf/studie-roessler-zuna.pdf>

## 2 FRAGESTELLUNG UND METHODE

### 2.1 Grundsätzliches

Die Fragestellung zur Prüfung der Vogelschlag-mindernden Wirksamkeit von Glasflächen-Markierungen lautet: Werden bestimmte Markierungen von Vögeln wahrgenommen und wird dadurch die Gefahr der Kollision mit der Träger-Glasfläche für heranfliegende Vögel signifikant vermindert?

Die Untersuchungen finden in einem Versuchstunnel (Abb. 1) statt. Dieser hat eine Länge von 7,50m, ist 1,25m breit und 1,25m hoch. An der Rückseite des Tunnels befindet sich eine Röhre aus der die Vögel (vgl. Kap. 2.3) starten, an der Vorderseite sind zwei Glasscheiben montiert, durch die Licht ins Innere gelangt, welches die Vögel zur Flucht in diese Richtung bewegt. Die Glasscheiben (markierte Versuchsscheibe und unmarkierte Referenzscheibe) sind leicht auswechselbar. Der Flugweg der Versuchsvögel von der Startröhre in der Rückwand des Tunnels bis zu einem Japannetz, welches tatsächliche Kollisionen verhindert, beträgt 7,10m. Diese Wegstrecke ist erforderlich, um Panikeffekte aufzuheben und eine klare Fluchtwegsentscheidung auf Basis optischer Reize hervorzurufen.

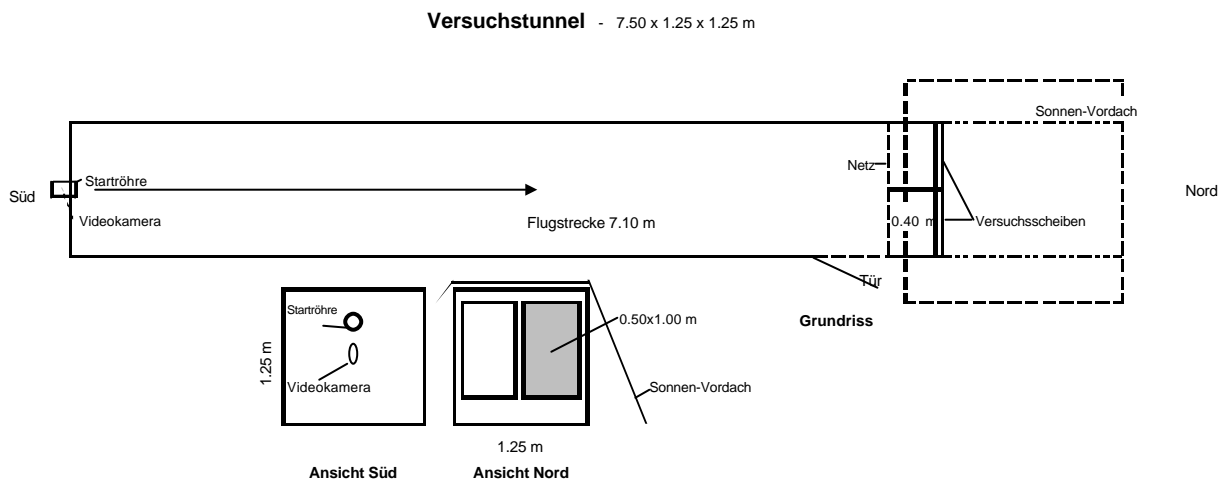


Abbildung 1: Die Skizze zeigt Grundriss, Ansicht Süd (Tunnelrückwand mit Startröhre und Videokamera) und Ansicht Nord (Tunnelvorderseite mit Scheibenhalterung).

Je wirksamer eine zur Untersuchung stehende Markierung ist, desto seltener sind jene Fälle zu erwarten, in denen Vögel die markierte Scheibe anfliegen. Bei sehr wirksamen Markierungen ist nur ein kleiner zufälliger Rest an potenziellen Kollisionen mit der Versuchsscheibe zu erwarten. Bei einer völlig unwirksamen Markierung ist zu erwarten, dass sich die potenziellen Kollisionen zufällig auf die beiden Sektoren verteilen (50:50).

Um zu vermeiden, dass sich eventuelle nicht erkennbare Störgrößen zu Gunsten eines Sektors auf den Versuch auswirken (Bewuchs des Hintergrundes in Fluchtrichtung, Lichtsituation, Tageszeit, etc.) werden Versuchsscheibe und Referenzscheibe jeweils gleich häufig im linken wie im rechten Sektor

angebracht. Nach jeweils drei Versuchen wird einer Zufallsreihung folgend eine neue Anordnung montiert.

Die angestrebte Stichprobengröße beträgt 100 Versuche (=100 Vögel) je untersuchter Markierung. Hohe Effizienz (möglichst viele Ereignisse  $m^{-2} h^{-1}$ ) und Vermeidung von Verletzungen und Todesfällen sind grundlegende Anliegen. Sämtliche Versuchsflüge werden von einer Videokamera aufgezeichnet und die Aufzeichnungen in Zeitlupe ausgewertet.

Der „Laborversuch im Freiland“ ist in RÖSSLER & ZUNA-KRATKY (2004) ausführlich beschrieben.

## 2.2 Markierungen der Glasflächen

Bei der Entscheidung darüber, welche Markierungsdesigns 2005 getestet werden sollten, musste die Optimierung von Markierungstypen, die sich 2004 als günstig erwiesen hatten, in den Hintergrund treten. Im Vordergrund stand in Erwägung öffentlicher Akzeptanz die Explorierung weiterer Markierungstypen. Im Jahr 2005 konnten acht neue Markierungen (Abb. 2) untersucht werden und zum Vergleich der beiden Versuchsjahre wurde die aus dem Jahr 2004 bekannte Markierung „10v“ (Abb. 3) als Referenzmarkierung in den Versuch genommen. Als Ergänzung zu den folgenden Beschreibungen der Markierungen sind Objektgrößen und –abstände, sowie Rapport (kleinste Einheit sich regelmäßig wiederholender Muster) und Deckungsgrad in Tab. 1 dargestellt.

Es wurde eine Gruppe von regelmäßig angeordneten Kreisen und Quadraten geprüft, wobei zwei Objektgrößen und damit einhergehend zwei Deckungsgrade verglichen wurden. Die entsprechenden Markierungstypen wurden „Kreise groß“ bzw. „Kreise klein“ und „Quadrate groß“ bzw. „Quadrate klein“ genannt, „große“ Objekte wurden bei einem Deckungsgrad von 16%, „kleine“ Objekte von 25% getestet.

Die Untersuchungsergebnisse des Jahres 2004 und Hinweise aus der Literatur (KLEM 1990) führten zur Hypothese, dass horizontale Komponenten einer Markierung die Wirksamkeit herabsetzen (RÖSSLER & ZUNA-KRATKY 2004). Daher wurde die bereits 2004 untersuchte und als wirksam erkannte Markierung „10v“ mit zusätzlichen horizontalen Streifen versehen, wodurch sich ein Raster ergab dessen Deckungsgrad 24,2% beträgt. Die Markierung wurde „Raster 10/20“ nach den Abständen der Streifen benannt (vgl. Abb. 3 und 4).

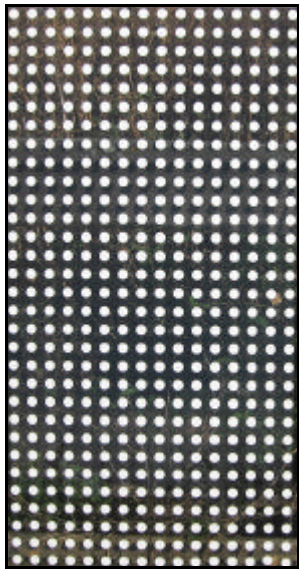
Bei den drei von der Stadt Wien MA 29 bzw. von der Firma Parachemie zur Untersuchung bestimmten Markierungstypen, handelt es sich um grundlegend anderes und auch von einander verschiedenes Material. Die Markierungen Sky-Walk 1 und Sky-Walk 2 leiten sich vom Typus „vertikale Streifen“ ab, sind von Planern konzipiert worden und sollen zur Verglasung eines Sky-Walks im Wiener Stadtgebiet eingesetzt werden. Die Markierung besteht aus vertikalen Streifen unterschiedlicher Länge und in sich variierender Breite mit ungeradliniger Begrenzung und variierenden Abständen. Die Streifen sind nicht symmetrisch auf der Versuchsscheibe verteilt. Sky-Walk 1 und Sky-Walk 2 sind sich so ähnlich, dass sie als zwei Varianten eines Markierungstyps gesehen werden können. Die Unterschiede z.B. im

Deckungsgrad sind zufällig. Die Deckungsgrade betragen für Markierung 1 ca. 27% und für Markierung 2 ca. 26%.

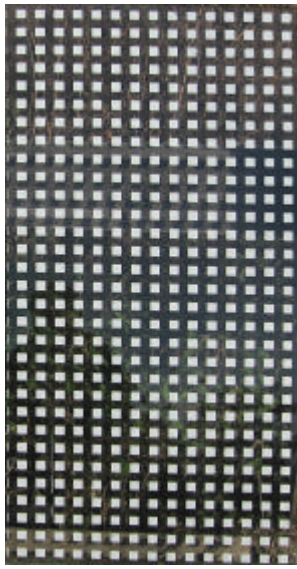
„Plexi h schwarz“ (Abb. 2 und 4) ist eine Polyacrylscheibe mit eingearbeiteten horizontal verlaufenden schwarzen Polyamid-Fäden, die bereits an einigen Lärmschutzeinrichtungen angewendet wird. In der Konzeption stand ursprünglich weniger der Vogelschutz im Vordergrund als viel mehr der praktische Nutzen im Falle einer Beschädigung, bei der Bruchstücke durch die „Polyamid-Armierung“ zusammengehalten werden. Für den Hersteller auffällig war das Ausbleiben von Vogelschlag-Meldungen, weshalb untersucht werden sollte, ob sich diese Armierung auch im Experiment als wirksame Vogelschlag-mindernde Markierung erweist. Die Markierung „Plexi h schwarz“ besteht aus 2mm breiten horizontal verlaufenden schwarzen Polyamidfäden, die in eine 15mm dicke Polyacrylglasscheibe eingearbeitet sind. Der Abstand der Fäden beträgt 28mm, der Deckungsgrad 6,7%. Eine Markierung mit derartig niederem Deckungsgrad wurde bisher nicht untersucht.

Tabelle 1: Ausführung der neun untersuchten Markierungstypen

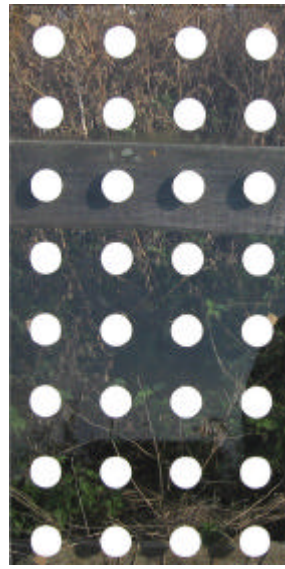
Bezeichnung	Beschreibung	Rapport	Deckungsgrad
<b>10v</b> (Referenzmarkierung zum Vergleich mit 2004)	Vertikale Streifen (weißes Klebeband), 2 cm breit, Kantenabstand 10 cm	12 cm	16,7 %
<b>Kreise klein</b>	Kreise (weiße Klebefolie), Radius = 9 mm, im Raster angeordnet, Mittelpunktabstand 32 mm	3,2 x 3,2 cm	25 %
<b>Quadrate klein</b>	Eckelt 541 (Siebdruck): Floatglas, 100 x 50 x 0,6 cm; Design: Quadrate mit 16 mm Seitenlänge, im Raster angeordnet, Kantenabstand zwischen Quadraten: 16 mm	3,2 x 3,2 cm	25 %
<b>Kreise groß</b>	Kreise (weiße Klebefolie), Radius = 28,2 mm, im Raster angeordnet, Mittelpunktabstand 125 mm	12,5 x 12,5 cm	16 %
<b>Quadrate groß</b>	Quadrate (weißes Klebeband) mit 5 cm Seitenlänge, im Raster angeordnet, Kantenabstand 7,5 cm	12,5 x 12,5 cm	16 %
<b>Raster 10/20</b>	Vertikale Streifen (weißes Klebeband), 2 cm breit, Kantenabstand 10 cm und horizontale Streifen (weißes Klebeband), 2 cm breit, Kantenabstand 20 cm	12 x 22 cm	24,2 %
<b>Sky-Walk 1</b>	Vertikale Streifen (weiße Klebefolie) unterschiedlicher Länge und in sich variierender	-	ca. 27 %
<b>Sky-Walk 2</b>	Breite mit ungeradliniger Begrenzung und variierenden Abständen	-	ca. 26 %
<b>Plexi h schwarz</b>	Plexiglas „Soundstop GS CC Clear OSOOD“ 100 x 50 x 1,5 cm mit eingearbeiteten schwarzen Polyamidfäden horizontal, 2 mm Stärke, 28 mm Abstand	30 mm	6,7 %



**Kreise klein**



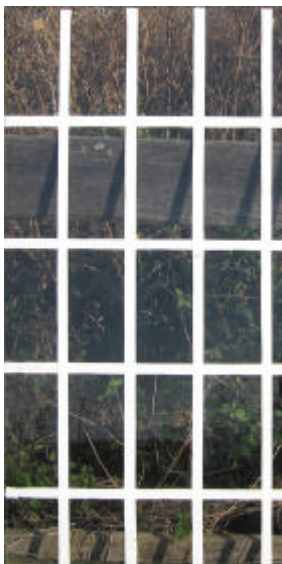
**Quadrate klein**



**Kreise groß**



**Quadrate groß**



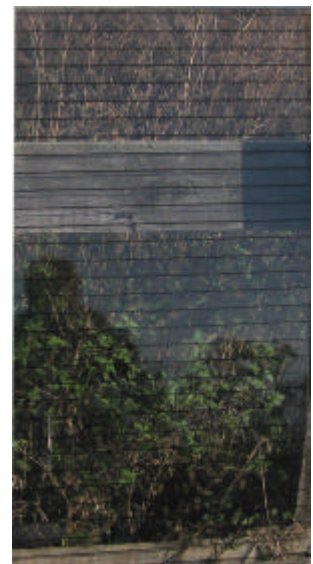
**Raster 10/20**



**Sky-Walk 1**



**Sky-Walk 2**



**Plexi h schwarz**

Abbildung 2: Die „neuen“ im Jahr 2005 untersuchten Markierungen. Die Glasscheiben haben eine Größe von 0,50 x 1,00m. Alle Markierungen bestehen aus Klebestreifen oder Klebefolie, Ausnahmen: „Quadrate klein“ (Siebdruck) und „Plexi h schwarz“ (Polyamidlaminat).



Abbildung 3: Wirksame Markierungen im Jahr 2004 nebeneinander montiert (bei den Versuchen ist jeweils nur eine Versuchsscheibe zusammen mit einer unmarkierten Referenzscheibe montiert): links: „Koralle“, Deckungsgrad ca. 13%, rechts: „10v“, Deckungsgrad: 16,7%. Die Markierung „10v“ wurde 2005 zur Überprüfung konstanter Versuchsbedingungen als 2005 als Referenzmarkierung eingesetzt.



Abbildung 4: Die Markierungen „Plexi h schwarz“, Deckungsgrad 6,7% (links) und „Raster 10/20“, Deckungsgrad 24,2% (rechts) nebeneinander montiert. Die schwarzen Polyamid-Fäden in der linken Scheibe kontrastieren sowohl zum hellen als auch zum dunklen Hintergrund. Die weißen Klebebänder erscheinen im Streulicht des Tunnels in einem mittleren Grau und erzeugen mittlere Kontrastwirkung.

Die Versuchsscheiben haben eine Breite von 0,50m und eine Höhe von 1,00m. Mit Ausnahme der Anwendungen „Quadrate klein“ und „Plexi h schwarz“ wurden alle Markierungen mit weißem Klebeband oder weißer Klebefolie auf 4mm Floatglas aufgebracht. Bei „Quadrate klein“ handelt es sich um Markierungen in Siebdruck (Herst. Eckelt, Design 541). Bei „Plexi h schwarz“ wie bereits beschrieben um eingearbeitete Polyamidfäden (Herst. Parachemie, Produkt Soundstop GS CC Clear OSOOD).

Die Versuchsscheiben wurden täglich bzw. nach Bedarf mit Fensterputzmittel oder Wasser gereinigt und mit einem trockenen Tuch poliert.

## 2.3 Versuchsvögel

Die Vogelberingungsstation der Biologischen Station Hohenau–Ringelsdorf ist auf Grund ihrer Lage und ihrer Infrastruktur sehr gut für die Durchführung von Vogelschutz-relevanten Versuchen an wildlebenden Singvögeln (in eingeschränktem Maße auch von Nichtsingvögeln) geeignet und kann auf Grund ihrer langjährigen Tätigkeit den Fangerfolg für die potenziellen Versuchsvögel nach Zahl und Zusammensetzung (Arten, Alter, etc.) für verschiedene Kalendermonate gut vorhersagen.

Als Versuchsvögel werden alle Vögel herangezogen, die im Untersuchungszeitraum an der Beringungsstation gefangen und beringt bzw. kontrolliert werden und denen ein Versuch zumutbar erscheint. Jungvögel mit nicht abgeschlossenem Gefiederwachstum und Vögel, die Erschöpfungserscheinungen zeigen sowie Arten, die auf Grund ihrer Größe für den Versuch ungeeignet erscheinen, werden gleich nach der Beringung freigelassen.

Tabelle 2: Liste der Versuchsvögel, 41 Arten.

<b>Vogelart</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Vogelart</b>	<b>Anzahl</b>		
Eisvogel	<i>Alcedo atthis</i>	5	Gelbspötter	<i>Hippolais icterina</i>	1
Wendehals	<i>Jynx torquilla</i>	8	Sperbergrasmücke	<i>Sylvia nisoria</i>	1
Grünspecht	<i>Picus viridis</i>	1	Klappergrasmücke	<i>Sylvia curruca</i>	1
Buntspecht	<i>Dendrocopos major</i>	2	Dorngrasmücke	<i>Sylvia communis</i>	68
Kleinspecht	<i>Dendrocopos minor</i>	11	Gartengrasmücke	<i>Sylvia borin</i>	15
Rauchschwalbe	<i>Hirundo rustica</i>	1	Mönchsgrasmücke	<i>Sylvia atricapilla</i>	39
Schafstelze	<i>Motacilla flava</i>	16	Zilpzalp	<i>Phylloscopus collybita</i>	2
Bachstelze	<i>Motacilla alba</i>	3	Fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>	17
Zaunkönig	<i>Troglodytes troglodytes</i>	1	Blaumeise	<i>Parus caeruleus</i>	16
Nachtigall	<i>Luscinia megarhynchos</i>	4	Kohlmeise	<i>Parus major</i>	22
Blaukehlchen	<i>Luscinia svecica</i>	15	Neuntöter	<i>Lanius collurio</i>	48
Schwarzkehlchen	<i>Saxicola torquata</i>	12	Pirol	<i>Oriolus oriolus</i>	2
Amsel	<i>Turdus merula</i>	6	Feldsperling	<i>Passer montanus</i>	83
Singdrossel	<i>Turdus philomelos</i>	2	Buchfink	<i>Fringilla coelebs</i>	6
Feldschwirl	<i>Locustella naevia</i>	4	Girlitz	<i>Serinus serinus</i>	5
Schlagschwirl	<i>Locustella fluviatilis</i>	4	Grünling	<i>Carduelis chloris</i>	15
Rohrschwirl	<i>Locustella luscinioides</i>	4	Stieglitz	<i>Carduelis carduelis</i>	24
Schilfrohrsänger	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	78	Kernbeißer	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	1
Sumpfrohrsänger	<i>Acrocephalus palustris</i>	207	Goldammer	<i>Emberiza citrinella</i>	23
Teichrohrsänger	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	8	Rohrammer	<i>Emberiza schoeniclus</i>	125
Drosselrohrsänger	<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	66	unklar (unaufklärbare Protokollierungsfehler)		3
		<b>Summe</b>		<b>975</b>	

Es werden erstmalig gefangene und frisch beringte Vögel sowie bereits im Versuchszeitraum gefangene und beringte Vögel (Wiederfänge) und bereits in einem der Vorjahre beringte Vögel (Altfänge) in den Versuch einbezogen. Die Vögel werden anschließend an die Beringung bzw. Kontrolle durch das Beringungsteam einzeln in Säckchen zum Tunnel gebracht und sofort dem Versuch unterzogen. Daraus ergibt sich ein von den lokalen Gegebenheiten geprägtes Artengefüge von Vögeln und eine von der Beringung abhängige Reihenfolge der Versuchsvögel. Tab. 2 zeigt die Artenliste der Versuchsvögel für 975 Versuche im Jahr 2005.

Im Untersuchungszeitraum wurden Vögel aus 41 Vogelarten gefangen und für den Versuch verwendet. Im Unterschied zum Versuchsjahr 2004, das deutlich von Rohrsängern *Acrocephalus spec.* und Grasmücken *Sylvia spec.* dominiert war, ist das Versuchsjahr 2005 auch stark von Rohrammer und Feldsperling mitgeprägt. Die Arten Sumpfrohrsänger *Acrocephalus palustris*, Rohrammer *Emberiza schoeniclus*, Feldsperling *Passer montanus* und Schilfrohrsänger *Acrocephalus schoenobaenus*, decken 50% der Versuche ab.

Todesfälle: Es kam während der Versuche zu zwei Todesfällen sehr hoch anfliegender Vögel durch radiale Beschleunigung am Netz und Anprall an der gepolsterten Decke. Da sich die Polsterung in diesen Fällen als unzureichend erwies wurde zusätzlich der Bereich der obersten 5cm des Japannetzes abgeklebt, um die Anflughöhe herabzusetzen. Danach kam es zu keinen weiteren Todesfällen oder Verletzungen.

## 2.4 Untersuchungszeitraum

Für die hier beschriebenen Untersuchungen ist der Zeitraum von Anfang Juli bis Mitte August am besten geeignet, da in dieser Zeit Fangerfolg, Arten- und Alterszusammensetzung günstig sind. Der Untersuchungszeitraum lag zwischen dem 1. Juli und 19. August 2005.

## 2.5 Vorversuche, Kontrollversuche und Konnex mit Vorjahresversuch

Umfangreichere Vorversuche zur prinzipiellen Eignung der Versuchsanlage, wie sie 2004 stattgefunden haben, konnten 2005 auf ein geringes Maß reduziert werden. Nach Wiedererrichtung der Versuchsanlage und nach elf Probeflügen (ohne Einbindung von Glasscheiben) konnten die Versuche beginnen.

Kontrollversuche mit zwei unmarkierten Glasscheiben dienen der Erkennung von Beeinträchtigungen des Versuches, die unabhängig von der Wirksamkeit einzelner Markierungen zu einer systematischen Bevorzugung eines der beiden Sektoren (links bzw. rechts) führen. Nach jeweils ca. 100 Versuchen wurden 10 Kontrollversuche durchgeführt.

Da von vornherein nicht ausgeschlossen werden konnte, dass die Versuche im Jahr 2005 zu anderen Ergebnissen als 2004 führen könnten, musste überprüft werden, ob sich im laufenden Versuchsjahr die Vorjahresergebnisse reproduzieren ließen. Deshalb wurde die Markierung „10v“ aus dem Jahr

2004 als Referenzmarkierung in den Versuch genommen und im selben Umfang wie die anderen Markierungen getestet.

## 2.6 Datenauswertung

### 2.6.1 Videoauswertung

Die 975 Versuche wurden direkt protokolliert und gleichzeitig auf Video für eine spätere Kontrolle aufgezeichnet. In 71 Fällen (7,3%) war die Videodokumentation zumindest hilfreich oder konnte eine fehlerhafte Protokollierung richtig stellen. Tab. 4 schlüsselt die nachträglich geklärten Fälle auf.

Tabelle 4: Bedeutung der Videodokumentation. In 71 Fällen klärt, verbessert oder korrigiert die Videoanalyse die protokollierten Ergebnisse der Direktbeobachtung.

	Anzahl der Fälle
Beobachtung unsicher, Videoauswertung klärt	37
Beobachtungen klarer Entscheidungen stellen sich in der Videowiederholung als uneindeutige und nicht zu wertende Ergebnisse dar	19
In der Beobachtung verworfene Versuche stellen sich in der Videowiederholung als zu wertende Versuche dar	3
Falsche Beobachtungen oder Protokollierungen links bzw. rechts	4
Als links oder rechts protokolliert, in der Videowiederholung als „mittig“ zu werten	5
Als „mittig“ protokolliert, in der Videowiederholung als links oder rechts zu werten	3
<b>Summe</b>	<b>71</b>

### 2.6.2 Ausgewertete und verworfene Daten

Für die Fragestellungen der Studie werden nur eindeutige Entscheidungen zwischen zwei Scheiben („links“, „rechts“) herangezogen und „mittige“ Anflüge verworfen. Abgebrochene Flüge, zögerliche Annäherung, oft entlang der Decke oder einer der Seitenwände, und Flüge die eher an Strukturen der Anlage als am Attraktor Licht orientiert sind, können nicht gewertet werden. Sofern bereits während der Versuche deutlich wurde, dass der Versuch nicht gewertet werden kann, wurde am Protokoll eine zusätzliche Zeile eingefügt und der Versuch mit einem anderen Vogel wiederholt. Bei der Auswertung des Videomaterials wurden weitere Versuche ausgeschieden. Tab. 3 zeigt die Zahl der ausgeschiedenen Versuche und die Gründe, die zum Ausscheiden geführt haben.

Tabelle 3: Nicht in die Auswertung eingehende Versuche.

Ursache	Anzahl der Fälle
Vogel verweigert Flug	33
Vogel bricht Flug ab	23
Vogel bremst vor Netz	12
Zu zögerlicher Flug	13
Unklare Ursache oder nicht dokumentiert	12
Versuchsfehler (Tür offen, vor einer Scheibe hängt Planenzipfel)	4
Anflug mittig	15
<b>Summe</b>	<b>112</b>

### 2.6.3 Statistische Methoden

Die Versuchsergebnisse wurden mit Binomialtests und Fisher's Exakt-Tests (SIEGEL 1985) untersucht, um Unterschiede in der Häufigkeit bei einfach oder mehrfach gestuften Alternativmerkmalen zu untersuchen. Chi<sup>2</sup>-Tests zum Vergleich der Markierungen untereinander sind bei geringen Zellhäufigkeiten (z.B. nur wenige oder keine Anflüge bei bestimmten Markierungen) nicht zulässig und können wegen der hohen Wirksamkeit der untersuchten Markierungen nicht angewendet werden. Mit Hilfe einer Residualanalyse wurde eine weniger gut abschneidende Markierung mit dem Rest der getesteten Markierungen verglichen. Es wurden adjustierte Residuen<sup>2</sup> verwendet (HABERMAN 1973). Die Tests wurden mit SPSS 12.0 berechnet.

---

<sup>2</sup> Adjustierte Residuen: Residuen die durch den erwarteten Wert des Standardfehlers dividiert werden

### 3 ERGEBNISSE

#### 3.1 Vorbemerkungen

Ehe die Ergebnisse betrachtet werden, soll die Datenstruktur skizziert und anschließend geprüft werden, ob die Voraussetzungen für die Gültigkeit der Versuche ausreichend gegeben sind.

- Konnten alle Versuche gewertet werden?
- Waren die Versuchsscheiben gleich häufig links und rechts montiert?
- Sind die Ergebnisse aus dem Versuchsjahr 2005 mit jenen aus dem Jahr 2004 vergleichbar (Vergleich der Referenzscheibe „10v“ 2004 / 2005)?
- Sind die Ergebnisse der Kontrollversuche gleichmäßig auf den linken und den rechten Sektor verteilt?
- Sind die Ergebnisse aus der Summe der Versuche (unabhängig von unterschiedlicher Wirksamkeit einzelner Versuchsscheiben) gleichmäßig auf den linken und den rechten Sektor verteilt?

##### 3.1.1 Überblick über das Datenmaterial

Es wurden 975 Versuche durchgeführt. In 69 Kontrollversuchen und 794 Versuchen konnte eine klare Entscheidung für eine der beiden Scheiben (links bzw. rechts) gefunden werden. 15 mittige Anflüge und 97 nicht eindeutige Entscheidungen (vgl. Tab. 3) wurden vor der Auswertung ausgeschieden. Abb. 5 gibt einen Überblick über das verfügbare Datenmaterial.

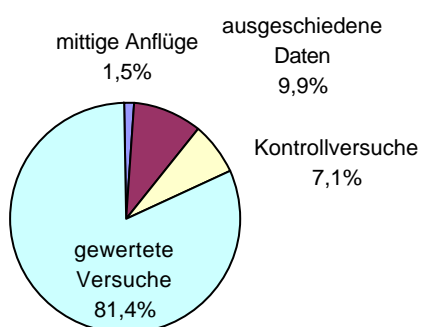


Abbildung 5: Übersicht über Datenbasis, 975 Versuche.

### 3.1.2 Anordnung der Versuchsscheiben

Da Effekte der Hintergrundumgebung (z.B. Strukturunterschiede der Vegetation im Hintergrund der Versuchsscheiben) nicht völlig auszuschließen sind, muss die zu prüfende Markierung möglichst gleich häufig links wie rechts von der unmarkierten Referenzscheibe montiert sein. Tab. 5 zeigt die Verteilung der Versuchsscheiben auf die Positionen links und rechts in 794 gewerteten Versuchen.

Tabelle 5: Position der markierten Glasscheiben in 794 Wahlversuchen.

Versuchsscheibe	links montiert	rechts montiert	Summe
10v	45	45	90
Kreise klein	44	43	87
Quadr. klein	43	43	86
Kreise groß	43	43	86
Quadr. gross	45	45	90
Raster 10/20	45	41	86
Sky-Walk 1	46	43	89
Sky-Walk 2	45	46	91
Plexi h schwarz	46	43	89
<b>Summe</b>	<b>402 (50,6%)</b>	<b>392 (49,4%)</b>	<b>794</b>

### 3.1.3 Vergleich der Ergebnisse für „10v“ zwischen den Jahren 2004 und 2005

Der Versuch sollte identisch zum Vorjahr verlaufen und die Ergebnisse sollten direkt vergleichbar sein. Ob ein ausreichender Konnex zwischen den Versuchen im Jahr 2004 und 2005 besteht kann nur geprüft werden, wenn eine Anordnung über beide Jahre konstant gehalten wird. Daher wurde die

Tabelle 6: Vergleich der Versuchsergebnisse der Markierung „10v“ zwischen den Jahren 2004 und 2005.

Versuchsjahr	Anflüge an	
	unmarkierte Referenzscheibe („richtig“)	markierte Versuchsscheibe („falsch“)
2004	83	4 (4,6%)
2005	84	6 (6,7%)

Markierung „10v“, die im Vorjahr nach 87 Versuchen mit 4,6% potenzieller Kollisionen abgeschnitten hatte, im Jahr 2005 abermals in 90 Versuchen geprüft (Tab. 6). Der Vergleich zeigt keinen signifikanten Unterschied (Fisher's Exakt-Test; df=1, zweiseitig), die Ergebnisse der beiden Versuchsjahre sind somit direkt vergleichbar.

### 3.1.4 Weitere Vergleiche zur Überprüfung der Gültigkeit der Ergebnisse

Sofern die Versuchsanlage nicht zu einer systematischen Bevorzugung des linken oder des rechten Sektors führt sollten die Kontrollversuche eine zufällige Verteilung der Anflüge auf den linken und rechten Sektor ergeben. Unter der Voraussetzung, dass sich die Versuchsscheiben gleich häufig links wie rechts befinden haben und durch zufällige zeitliche Verteilung der Versuche keine Abhängigkeit von Störgrößen (etwa Sonnenstand, vgl. RÖSSLER & ZUNA-KRATKY 2004) besteht, sollte auch die Gesamtheit der gewerteten Versuche eine Gleichverteilung der Anflüge ergeben.

Bei den Kontrollversuchen (n=69) flogen mehr Vögel im linken Sektor an, es ergibt sich aber keine signifikante Abweichung von der Gleichverteilung (Binomialtest, Tab. 7). Die Ergebnisse der gewerteten Versuche (n=794) zeigen eine fast völlige Gleichverteilung der Anflüge auf den linken (50,3%) und den rechten Sektor (49,5%).

Tabelle 7: Verteilung der Kollisionen bei 69 Kontrollversuchen (unmarkiert gegen unmarkiert) und 794 ausgewerteten Wahlversuchen (markiert gegen unmarkiert). Prozentwerte in Klammern.

	Anflug		Summe	
	links	rechts		
Kontrollversuche	41 (59,4)	28 (40,6)	69	n.s.
Versuche	400 (50,3)	394 (49,6)	794	n.s.
<b>Summe</b>	<b>441 (51,1)</b>	<b>422 (48,9)</b>	<b>863</b>	

Eine getrennte Betrachtung der Verteilung der Anflüge nach „Fehlentscheidung“ (potenzielle Kollision mit der markierten Scheibe) und „richtige Entscheidung“ (potenzielle Kollision mit der unmarkierten Scheibe) zeigt in beiden Fällen keine Unterschiede zur Gleichverteilung (Binomialtest, Tab. 8).

Tabelle 8: Verteilung der Kollisionen bei 36 „Fehlentscheidungen“ und 758 „richtigen Entscheidungen“. Prozentwerte in Klammern.

Anflug an	Anflug		Summe	
	links	rechts		
Markierung („falsch“)	22 (61,1)	14 (38,9)	36	n.s., $p=0,24$
Referenzscheibe („richtig“)	378 (49,9)	380 (50,1)	758	n.s.
<b>Summe</b>	<b>400 (51,4)</b>	<b>394 (49,6)</b>	<b>794</b>	

### 3.1.5 Zusammenfassung der statistischen Prüfungen zur Gültigkeit der Versuchsergebnisse

Die 794 gewerteten Versuche sind innerhalb der für die Versuche geltenden Prämissen konsistent und gültig.

- Die Prüfung der Positionen der Versuchsscheiben zeigt keine Abweichungen von der Gleichverteilung.
- Der Vergleich der Ergebnisse 2004 / 2005 für eine in beiden Versuchsjahren geprüfte Markierung zeigt keinen signifikanten Unterschied. Die Vergleichbarkeit zwischen den beiden Jahren ist somit gegeben.
- Die Verteilung der Anflüge auf die Sektoren links und rechts zeigt weder bei 69 Kontrollversuchen, noch bei der Gesamtheit der 794 Versuche, weder bei den „Fehlentscheidungen“ noch bei den „richtigen“ Entscheidungen signifikante Abweichungen von der Gleichverteilung.

### 3.2 Versuchsergebnisse

794 Versuche verteilten sich auf 9 zu untersuchende Muster. Die Anzahl der gewerteten Versuche je Markierungstyp liegt zwischen 86 und 91 (Mittel: 88,2). Abb. 6 zeigt den Anteil der „Fehlentscheidungen“ (potenzielle Kollisionen mit einer markierten Scheibe) in den einzelnen Wahlversuchen. Der Anteil der „Fehlentscheidungen“ liegt zwischen 0,0 und 10,5% (Mittel: 4,5%).

Alle im Jahr 2005 untersuchten Markierungen sind wirksam (Tab. 9). Zwei Markierungen wurden in den Versuchen zu 100 Prozent gemieden. Bei acht von neun Markierungen liegt die relative Häufigkeit der „Fehlentscheidungen“ unter 10 %, bei der Mehrzahl der Markierungen liegt die absolute Zahl der „Fehlentscheidungen“ unter 5.

Bei derart geringen Zellhäufigkeiten ist es statistisch nicht mehr erlaubt, die Markierungen nach ihrer Wirksamkeit (z.B. mittels Chi<sup>2</sup>-Test) gleichzeitig zu vergleichen. Vergleicht man die Markierung „Quadrate klein“ mit der Gesamtheit der anderen Markierungen zeigt die Residualanalyse einen signifikanten Unterschied ( $p < 0,01$ ). Diese Markierung ist weniger wirksam, die absoluten Unterschiede sind allerdings gering.

### "Kollisionen" an verschiedenen Markierungen

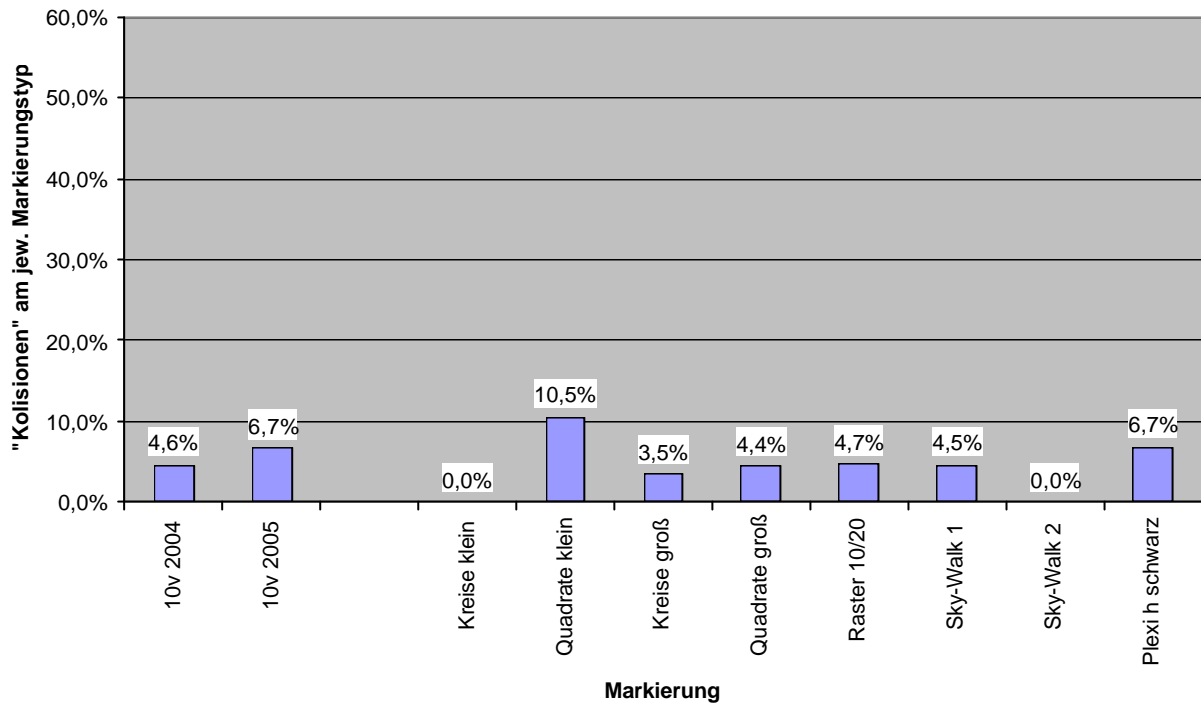


Abbildung 6: Relative Häufigkeit von Anflügen an markierte Glasscheiben im Wahlversuch mit unmarkierter Referenzscheibe; n = 86 – 91 (Mittel: 88,2) Versuche je untersuchter Markierung. Die Säulen „10v 2004“ und „10v 2005“ stellen die Vergleichbarkeit der beiden Versuchsjahre über die in beiden Jahren getestete Markierung „10v“ her.

Tabelle 9: Ergebnisse der Einzelvergleiche der Anflüge an nichtmarkierter und markierter Scheibe. Prozentwerte in Klammern. *p*-Werte der einzelnen Binomialtests.

Vergleich unmarkierte Scheibe gegen	Anflüge an		<i>p</i> -Wert
	unmarkierter Referenzscheibe („richtig“)	markierter Versuchsscheibe („falsch“)	
10v	84 (93)	6 (7)	<0,001
Kreise klein	87 (100)	0 (0)	<0,001
Quadr. klein	77 (90)	9 (10)	<0,001
Kreise groß	83 (97)	3 (3)	<0,001
Quadr. gross	86 (96)	4 (4)	<0,001
Raster 10/20	82 (95)	4 (5)	<0,001
Sky-Walk 1	85 (96)	4 (4)	<0,001
Sky-Walk 2	91 (100)	0 (0)	<0,001
Plexi h schwarz	83 (93)	6 (7)	<0,001
<b>Summe</b>	<b>758 (95)</b>	<b>36 (5)</b>	

## 4 DISKUSSION

### 4.1 Methodische Integrität der Versuche

Die Versuchsscheiben wurden gleich häufig links wie rechts montiert, um eventuelle lokale Einflüsse zu minimieren. Die Versuchsanordnungen (Markierungstyp, Montage links bzw. rechts) wurden nach jeweils drei Versuchen einer Zufallsreihung folgend getauscht, um tageszeitliche Einflüsse zu eliminieren. Die Gleichverteilung der Anflüge auf die beiden Sektoren wurde für Kontrollversuche, die Gesamtheit der Versuche, die Gesamtheit der „Fehlentscheidungen“ und die Gesamtheit der „richtigen Entscheidungen“ geprüft. Die Versuchsanordnung wurde gegenüber 2004 beibehalten und die direkte Vergleichbarkeit mit einer in beiden Jahren getesteten Markierung („10v“) geprüft. Es zeigen sich keine Abweichungen von der Gleichverteilung (vgl. Kap. 3.1). Die Voraussetzungen für die methodische Integrität der Versuche sind somit gegeben

Methodisch grundlegende Fragen zur Versuchsanordnung wurden im Bericht des Untersuchungsjahres 2004 (RÖSSLER & ZUNA-KRATKY 2004) ausgiebig diskutiert. Es sind keine Erkenntnisse hinzugekommen, durch die wesentliche Aussagen zu revidieren oder stark zu erweitern wären.

### 4.2 Diskussion der Ergebnisse

#### 4.2.1 Erwartete Ergebnisse

Im Jahr 2004 aufgeworfene Fragen wurden vorerst nicht weiter verfolgt und systematische Versuchsreihen zu kritischem Abstand, kritischer Linienstärke und kritischer Transparenz eines konstant gehaltenen Markierungstypus im Jahr 2005 nicht durchgeführt. Im Vordergrund stand das Explorieren weiterer Markierungstypen (Ziel: öffentliche Akzeptanz) und das Variieren von Deckungsgraden. Es sollte von der geraden Linien abgegangen werden („Gefängnisereffekt“).

Kleine Objekte werden vom menschlichen Auge auf größere Distanz nicht mehr aufgelöst und könnten mit Blick auf Akzeptanz durch Anwender interessant werden. Daher wurden kleine Kreise und Quadrate („Kreise klein“, „Quadrate klein“) in den Versuch aufgenommen. Wegen des sehr hohen Deckungsgrades von 25% war sowohl für die Markierung „Kreise klein“ als auch für „Quadrate klein“ Vogelschlag-mindernde Wirksamkeit zu erwarten, diese sollte aber verifiziert werden. Dieselben geometrischen Formen in anderer Dimension und bei geringerem Deckungsgrad wurden mit „Kreise groß“ und „Quadrate groß“ geprüft. Der Deckungsgrad dieser Markierungen von 16,0 % ist nur geringfügig kleiner als jener der Vorjahresmarkierungen „10v“ und „10h“ (Deckungsgrad jeweils 16,7%), die von einander sehr verschiedene Ergebnisse gebracht haben: beide waren wirksam, aber mit 4,6% „Fehlentscheidungen“ war „10v“ signifikant besser als „10h“ (21,6% „Fehlentscheidungen“). Mit „Quadrate groß“ ergibt sich außerdem ein Anknüpfungspunkt zu SCHMIDT & SIERRO (2000), die weiße Quadrate mit 5cm Kantenlänge bei 11,1% Deckungsgrad im Freilandversuch geprüft haben, aber aus statistischen Gründen keine Aussagen zur spezifischen Wirksamkeit machen konnten. Der Ausgang der Versuche mit den Markierungen „Kreise groß“ und „Quadrate groß“ war dementsprechend offen.

Die Hypothese (RÖSSLER & ZUNA-KRATKY 2004), dass horizontale Komponenten von Markierungen die Wirkung vertikaler Komponenten abschwächen können, sollte noch in diesem Jahr geprüft werden. Mit „Raster 10/20“ wurde „10v“ um horizontale Linien im 20cm-Abstand „angereichert“ und ein Deckungsgrad von 24,2% erreicht. Die Wirksamkeit von „Raster 10/20“ sollte unserer Hypothese folgend trotz der Erhöhung des Deckungsgrades gegenüber „10v“ nicht erhöht oder sogar vermindert werden.

Das Interesse von Anwendern und Herstellern führte zur Prüfung dreier weiterer Markierungen, auf deren Gestaltung weder die Wiener Umweltschutzbehörde noch die Biologische Station Hohenau-Ringelsdorf Einfluss hatten. Für Sky-Walk 1 und 2 griffen Architekten zu einer kreativen Abwandlung von vertikalen Linien, wobei der Deckungsgrad (ca. 26 bzw. 27%) um 60% höher liegt als bei „10v“. Hoher Deckungsgrad und vertikaler Verlauf von Linien ließen für Sky-Walk 1 und 2 eine Vogelschlag-mindernde Wirksamkeit erwarten.

„Plexi h schwarz“, eine mit schwarzen Polyamidfäden „armierte“ Acrylglasplatte, hat nach den Informationen des Herstellers Vogelschlag-mindernde Eigenschaften. Diese sollten geprüft werden. „Plexi h schwarz“ ist wegen des geringen Deckungsgrades (6,7%) und der Färbung und des Materials der Markierung interessant. Für „Plexi h schwarz“ erwarteten wir nach unseren bisherigen Erfahrungen keine oder signifikant schlechtere Wirksamkeit. Nach gängigen Hypothesen stand zu erwarten, dass die Markierung wegen des geringen Deckungsgrades, dem horizontalen Verlauf und der geringen Stärke der schwarzen Fäden (2mm) keine Vogelschlag-mindernde Wirkung zeigen werde.

## 4.2.2 Ergebnisse

### 4.2.2.1 Alle Testmarkierungen sind wirksam

Für die meisten der 2005 geprüften Markierungen war ein positives Ergebnis zu erwarten. In diesen Fällen bestätigten die Ergebnisse die Vorhersagen.

Fraglich blieb die Wirksamkeit der Markierungen „Kreise groß“ und „Quadrate groß“. Für beide Markierungen hat sich eine hohe Wirksamkeit in der Größenordnung von „10v“ gezeigt.

Auch die Acrylglasplatte mit der Markierung „Plexi h schwarz“ ist im Vergleich mit einer unmarkierten Floatglasplatte im Gegenlichtversuch signifikant wirksam. Die Erwartung, dass die Markierung keine Vogelschlag-mindernden Eigenschaften zeigen werde, ist damit klar widerlegt. Besonders bemerkenswert ist das Ergebnis, weil der Deckungsgrad der Markierung (6,7%) weitaus der geringste der 2004 und 2005 untersuchten Markierungen ist. Es bestehen physikalische Unterschiede zur Referenzplatte und evtl. höhere Hell-Dunkel-Kontraste durch völlig Licht-undurchlässige und nicht reflektierende Beschaffenheit der Polyamidfäden. Im Freiland könnten Spiegelungen an der Oberfläche der Acrylplatte die Wirksamkeit der Polyamidfäden herabsetzen. Insgesamt ist das Ergebnis aber unter den Prämissen der Untersuchungen gültig und führt vielleicht zu neuen Entwicklungen.

#### 4.2.2.2 „Raster 10/20“ ist nicht weniger wirksam als „10v“

Die Markierung „Raster 10/20“ (Deckungsgrad 24,2%) ist ebenso wirksam wie „10v“ (Deckungsgrad 16,7%). Die Hypothese, dass horizontale Komponenten einer Markierung die Wirksamkeit vertikaler Markierungen beeinträchtigen, lässt sich nicht erhärten.

#### 4.2.2.3 „Quadrate klein“ ist weniger wirksam als die restlichen Markierungen

Trotz eines Deckungsgrades von 25% ist „Quadrate klein“ signifikant weniger wirksam als die anderen Markierungen (in ihrer Gesamtheit). Es kann vorerst nicht entschieden werden, ob der Unterschied tatsächlich am Muster der Markierung oder daran liegt, dass „Quadrate klein“ im Unterschied zu den anderen Markierungen in Siebdruck ausgeführt ist. Weitere Vergleiche dieser Siebdruckausführung mit weniger lichtdurchlässigen oder stärker reflektierenden Markierungsoberflächen sollten folgen.

### 4.2.3 Öffentliche Akzeptanz

Es gibt derzeit noch keinerlei empirische Untersuchungen über die öffentliche Akzeptanz unterschiedlicher Glasmarkierungen. Derzeit sind es eher Geschmacksfragen und Ideen von einzelnen Architekten, welche die Diskussion steuern. Die Markierung „10v“ wird mit dem Hinweis auf „Gefängnisefekte“ abgelehnt, wurde aber mehrfach angewendet und ist auch Ausgangspunkt der Designer für die hier untersuchten Markierungen „Sky-Walk“. Die Öffentlichkeit ist nach Erfahrungen der Wiener Umweltschutzgesellschaft bereit, bei entsprechender Kommunikation der Probleme und Seriosität der Lösungsansätze sinnvolle Maßnahmen in Kauf zu nehmen.

Für Lärmschutzwände entlang von z.B. Überlandstraßen oder Autobahnen, sofern nicht Naherholungs- oder Wohngebiet unmittelbar an die Straße grenzt, ist die öffentliche Akzeptanz einer Markierung nicht von Details abhängig, die bei Fahrgeschwindigkeit und geringer Distanz vom Auge nicht erfasst und vom Gehirn nicht verarbeitet werden können (*smear*-Effekte). Daher kann für einen sehr großen Anteil jener Glasflächen, die Kollisionsprobleme erzeugen, die Frage der öffentlichen Akzeptanz der Wirksamkeit nachgereiht werden.

#### 4.2.3.1 Wirksamste Markierungen bei geringen Deckungsgraden (2004 und 2005)

Da wir davon ausgehen, dass für die öffentliche Akzeptanz „zurückhaltende“ Markierungen (geringe Deckungsgrade) oder Markierungen, die vom menschlichen Auge auf größere Distanz nicht mehr aufgelöst werden, wichtig sind, sind die bisher von uns untersuchten wirksamen Markierungen mit geringem Deckungsgrad in Tab. 10 zusammengefasst. Es wurden bisher fünf Markierungen gefunden, die einen Deckungsgrad von <20% aufweisen und in den Versuchen der Jahre 2004 und 2005 im Hauptfeld der wirksamsten Markierungen lagen (also sich nicht in weitergehenden statistischen Prüfungen als weniger gut geeignet darstellten).

Tabelle 10: Markierungen mit sehr guter Wirksamkeit und Deckungsgrad &lt;20%.

Markierung	untersucht im Jahr	Deckungsgrad
10v (Abb. 3)	2004, 2005	16,7%
Koralle (Abb. 3)	2004	ca. 13%
Kreise groß	2005	16%
Quadrate groß	2005	16%
Plexi h schwarz	2005	6,7%

#### 4.2.4 Weiterführende Fragestellungen, Ausblick

Das Interesse von Entscheidungsträgern (Ämter, Planung, Anwender, Hersteller) hat in den letzten Monaten zugenommen und Anfragen zu wirksamen Markierungsmethoden werden häufiger, komplexer und dringlicher, wodurch in naher Zukunft auch der Bedarf an Beratung und Beurteilung zunehmen wird. Eine neue und naheliegende Entwicklung betrifft den Bedarf an einer Art „Gütesiegel“ für Vogelschlag-mindernde Eigenschaften bestimmter Produkte. Vom wissenschaftlichen Standpunkt her ist dies vorsichtig positiv aufzunehmen, positiv, weil es den Bedarf an empirischen Untersuchungen zeigt (und auch von ethischem Bewusstsein zeugt), vorsichtig, weil jegliche Untersuchung einen großen Aufwand knapper Ressourcen darstellt und es deshalb weder im Freilandversuch noch im Labor möglich sein wird, eine Vielzahl von Kreationen einzeln zu prüfen.

Standen bisher Form, Dichte, Größe und Deckungsgrad einer Markierung im Vordergrund, wird im Versuchstunnel der Biologischen Station Hohenau-Ringelsdorf künftig die Hell–Dunkel-Kontrastwirkung besser untersucht werden: welche Markierung ist auch bei schlechtem Kontrast noch relativ gut wahrnehmbar und wie kann die Kontrastwirkung gesteigert werden? Es wird auch in Zukunft die Exploration neuer und die Optimierung wirksamer Markierungen (z.B. geringster Deckungsgrad, kleinste Objektgröße, etc.) notwendiges Anliegen unserer Versuche sein. Die Tatsache, dass sich in den Versuchen eine Markierung mit 2mm breiten Streifen und einem Deckungsgrad von nur 6,7% als wirksam erwiesen hat (Plexi h schwarz), zeigt, dass möglicherweise ein großer Spielraum besteht, die eventuell störende Sichtbarkeit von Markierungen zu reduzieren.

Wie bereits angeklungen, ist die Optimierung der physikalischen Eigenschaften verschiedener Materialien von großer Wichtigkeit. Die für die Versuche verwendeten Klebebänder stellen vermutlich keine Option für Markierungen hoher Lebensdauer dar. Dennoch weisen vorliegende Versuchsergebnisse („Quadrate klein“) möglicherweise darauf hin, dass das Markierungsverfahren (Folie, Siebdruck, etc.) die Wirksamkeit einer Markierung signifikant beeinflussen kann. Höhere Lichtdurchlässigkeit oder geringere Reflexion der Siebdruckelemente von „Quadrate klein“ ist eventuell ausschlaggebend für die geringere Wirksamkeit der Markierung im Vergleich zu Klebefolienelementen in „Kreise klein“. Die entsprechenden Kenndaten wurden bisher nicht gemessen. Deswegen wird ein Teil der zukünftigen

Untersuchungen aus reinen Messprogrammen bestehen, für die keine Vögel notwendig sind. Siebdruck hat für den praktischen Einsatz vermutlich viele Vorteile (Wirtschaftlichkeit der Aufbringung, Haltbarkeit, etc). Deshalb wäre es wichtig, die physikalischen Eigenschaften der Siebdruckbeschichtungen als mögliche mitbestimmende Parameter der Vogelschlag-mindernden Eigenschaften in Betracht zu ziehen und entsprechend weiter zu entwickeln. Die hier dokumentierten Experimente konfrontieren die Ornithologie mit Fragen der Verfahrenstechnik, die nach interdisziplinärem Austausch verlangen. Eine Zusammenarbeit zwischen Herstellern von transparentem Lärmschutzmaterial und Ornithologie wäre sinnvoll.

Zur Optimierung wirksamer Markierungen gehört auch die Optimierung nach Gesichtspunkten öffentlicher Akzeptanz. Über Akzeptanz oder Ablehnung bestehen oft nur Vermutungen oder es schlägt in den verfügbaren Informationen der persönliche Geschmack von Einzelpersonen durch. Empirische Untersuchungen darüber, was BewohnerInnen geneigt sind zu akzeptieren, wenn damit Schaden an Tieren vermieden werden kann, fehlen völlig. Auch hier gäbe es Möglichkeiten, im öffentlichen Raum Experimente und Befragungen durchzuführen, die besser objektivierbare Informationen bringen könnten. Und auch hier wäre eine - über informelle Begegnungen hinausgehende - Zusammenarbeit zwischen Anwendern und Ornithologie sinnvoll.

## 5 ZUSAMMENFASSUNG

Im Zeitraum 1. Juli bis 19. August 2005 wurde eine weitere experimentelle Studie zur Wirksamkeit von Markierungen von Glasflächen zur Vermeidung von Vogelanprall nach der selben Methode wie bereits 2004 durchgeführt. In einem 7,50m langen Versuchstunnel konnte das Verhalten von 975 Vögeln aus 41 Arten, die an der Beringungsstation Hohenau-Ringelsdorf mit Japannetzen gefangen wurden, untersucht werden.

Untersucht wurden Kreise und Quadrate in regelmäßigen Abständen, ein Raster mit 2cm Linienstärke und 10/20cm Linienabstand, unregelmäßige vertikale Linien, und auch horizontale Linien mit einer Linienstärke von nur 2mm im Abstand von 28mm. Die direkte Vergleichbarkeit der beiden Untersuchungsjahre konnte anhand einer bereits 2004 verwendeten Versuchsmarkierung abgesichert werden. Alle acht erstmalig untersuchten Markierungen mit Deckungsgraden zwischen 6,7% und ca. 27% erwiesen sich nach 794 einzelnen Wahlversuchen (markierte gegen unmarkierte Scheibe) als wirksam und lassen Vogelschlag-mindernde Eigenschaften auch im Freiland erwarten.

Einige dieser Befunde schließen an die Diskussion der Vorjahresergebnisse an. Die Hypothese, dass horizontale Komponenten die Wirksamkeit einer Markierung herabsetzen, lässt sich nicht erhärten, wie die Untersuchung des Rasters zeigt. Unter dem Gesichtspunkt, dass horizontale Linien im Abstand von 10cm weniger wirksam sind als vertikale Linien im Abstand von 10cm (Ergebnis 2004) und mit dem Befund, dass horizontale Linien in geringerem Abstand und auch bei geringerer Linienstärke wirksam sind, muss die Frage nach Größe und Abstand der Markierungselemente weiterverfolgt werden.

Eine Markierung, die im Unterschied zu den anderen in Siebdruck ausgeführt ist, zeigt trotz eines Deckungsgrades von 25% eine geringere Wirksamkeit als die Gesamtheit der anderen. Daher muss die Frage der Transparenz im Auge behalten und im Sinne einer Weiterentwicklung von Siebdruck-Markierungen experimentell angegangen werden.

In den Jahren 2004 und 2005 wurden von der Biologischen Station Hohenau-Ringelsdorf 14 Markierungen experimentell geprüft. Fünf Markierungen hoher Wirksamkeit haben einen Deckungsgrad von weniger als 20%. Da sich eine Markierung mit nur 6,7% als wirksam erwiesen hat, wird es vermutlich möglich sein, mit Hinblick auf die öffentliche Akzeptanz und in Zusammenarbeit mit Herstellern und Anwendern noch einige Optimierungen vornehmen zu können.

## 6 DANK

Herzlichen Dank allen involvierten MitarbeiterInnen und Förderern:

Markierungen: Bernd Aichberger, Barbara Pitschmann

Tunneltransport: Monika Benedik, Thomas Benedik, Erhard Birsak, Ulrich Birsak, Rainhard Brandstetter, Karl Großschmid, Robert Lautenbach, Walter Mokesch, Walter Thirer, Klaus Wolf, Fa. Fiedler, Niederösterreichische Berg- und Naturwacht und Gemeinde Hohenau a. d. March

Tunnellagerung: Josef Huber

Tunnelwartung: Barbara Pitschmann, Regina Riegler, Ronald Wegerer

Statistik: Erwin Nemeth

Supervision: Christoph Schauer

Versuchsabwicklung: Lidia Brandstätter und PraktikantInnen der Biologischen Station Hohenau-Ringelsdorf

## 7 LITERATUR

Eckmayer, C. (2001): Verhinderung von Kleinvogelanprall an Glasfronten – Wirksamkeit bedruckter Scheiben. Wiener Umwelthanwaltschaft. 30 pp.

Klem, D. Jr. (1990): Collisions Between Birds and Windows: Mortality and Prevention. J. Field Ornithol. 61: 120 – 128.

Haberman S. (1973).The Analysis of residuals in cross-classification tables. Biometrics 29: 205 - 220.

Rössler, M. & T. Zuna-Kratky (2004): Vermeidung von Vogelanprall an Glasflächen. Experimentelle Versuche zur Wirksamkeit verschiedener Glas-Markierungen bei Wildvögeln. Hrsg. Wiener Umwelthanwaltschaft, Wien. 39 pp.

Schmid, H. & A. Sierro (2000): Untersuchungen zur Verhütung von Vogelkollisionen an transparenten Lärmschutzwänden. Natur und Landschaft. 11:426 – 430.

Siegel, S. (1985): Nichtparametrische statistische Methoden. Fachbuchhandlung für Psychologie, Verlagsabteilung, Eschborn b. Frankfurt am Main. 320 pp.