

**VERMEIDUNG VON VOGELANPRALL AN
GLASFLÄCHEN**

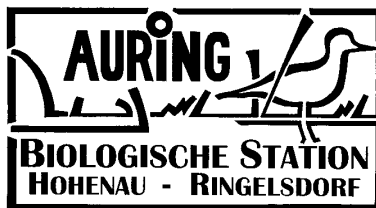
**Experimentelle Versuche zur Wirksamkeit
verschiedener Glas-Markierungen bei Wildvögeln**

**Martin Rössler
Thomas Zuna-Kratky**

Biologische Station Hohenau-Ringelsdorf

Hohenau a. d. March, Oktober 2004

im Auftrag der Wiener Umweltschutzbehörde



Es gab da gar nichts zu klären in meinem Kopf. Ich hatte mich davon überzeugt, dass über Nacht eine unsichtbare Wand niedergegangen oder aufgewachsen war, und es war mir in meiner Lage ganz unmöglich, eine Erklärung dafür zu finden.

Marlen Haushofer, Die Wand

INHALT

1	AUFGABENSTELLUNG	6
2	FRAGESTELLUNG UND METHODISCHE ANSÄTZE	6
2.1	Planungsvariante 1: Freilandversuch	6
2.2	Planungsvariante 2: Laborversuch	7
2.3	Planungsvariante 3, realisierte Variante: „Laborversuch im Freiland“	7
2.3.1	Versuchsstufe 1 - Fragestellungen	7
2.3.2	Versuchsstufe 2 - Fragestellung	8
3	METHODE	8
3.1	Standort	8
3.2	Versuchsvögel - Abschätzung von Fangzahlen, Altersstruktur und Vogelarten	10
3.3	Untersuchungszeitraum	10
3.4	Versuchsanlage	10
3.4.1	Tunnelkörper	11
3.4.2	Rückwand: Startröhre und Videokamera	12
3.4.3	Vorderwand: Testscheibenhalterung	12
3.4.4	Zugänglichkeit von der Seite	13
3.4.5	Sonnendach und Tunnelabdeckung	13
3.4.6	Einrichtungen zum Schutz der Vögel	14
3.4.6.1	Auffangnetz	14
3.4.6.2	Polsterungen	15
3.5	Markierungen der Glasflächen	15
3.6	Versuchsvögel	16
3.7	Datenerfassung	19
3.8	Protokollierung	19
3.9	Auswertung	20
3.9.1	Ausgewertete und verworfene Daten	20
3.9.2	Videoauswertung	20
3.9.3	Statistische Methoden	20

3.10	Vorversuche und Kontrollversuche	21
3.11	Versuche	21
3.11.1	Reihenfolge der Scheibenpositionen	21
3.11.2	Reihenfolge der Versuchsvögel	22
4	ERGEBNISSE	22
4.1	Vorbemerkungen	22
4.1.1	Vorversuche	22
4.1.2	Überblick über ausgewertetes, nicht ausgewertetes und verworfenes Datenmaterial der Versuchsstufen 1 und 2	22
4.1.3	Störgrößen – Einfluss der Tageszeit	23
4.2	Ergebnisse der Versuche	24
4.2.1	Versuchsstufe 1 - Markierte Scheiben gegen unmarkierte durchsichtige Scheiben	24
4.2.1.1	Alle Vögel	24
4.2.1.2	Vögel geordnet nach Artengruppen	26
4.2.2	Versuchsstufe 2 - Markierte gegen markierte Scheiben	28
4.3	Zusammenfassung der Ergebnisse	29
5	DISKUSSION	29
5.1	Fragestellungen und Methode	29
5.1.1	Sinnhaftigkeit und Zweckmäßigkeit der Fragestellungen	29
5.1.2	Freilandversuch vs. Volieren- und Tunnelversuch	30
5.1.3	Ist Licht ein zweckmäßiger Attraktor?	30
5.1.4	Panische Flucht oder klare Entscheidung?	30
5.1.5	Referenzscheibe oder offener Fluchtweg?	31
5.1.6	Häufigkeit der Wechsel der Versuchsscheiben	31
5.1.7	Beeinflusst das Japannetz den Versuch?	32
5.1.8	Abundanz, Fang und Kollision	32
5.1.9	Stichprobengrößen	32
5.1.10	Artengefüge	33
5.2	Diskussion der Ergebnisse	33
5.2.1	Vorbemerkungen	33
5.2.2	Unwirksamkeit des Rasters	34
5.2.3	Horizontale Streifen sind weniger wirksam	35
5.2.4	Wirksamkeit vertikaler Streifen ist hoch, Unterschiede sind gering	35
5.2.5	Markierung „Koralle“ ist ebenso wirkungsvoll wie vertikale Streifen	36
5.2.6	Untersuchung der Vögel nach Gruppen ist vorerst problematisch	36

5.2.7	Im direkten Vergleich mit anderen Markierungen vermeiden Vögel tendenziell „10 v“	36
5.2.8	Weiterführende Fragestellungen	37
6	ZUSAMMENFASSUNG	37
7	DANK	38
8	LITERATUR	39

1 AUFGABENSTELLUNG

Die Bedeutung von Glas als Baustoff hat stark zugenommen. Neben Glasfassaden an städtischen Büro- und Wohnhäusern gewinnt Glas als Baustoff bzw. als architektonisches Element z. B. für Lärmschutzeinrichtungen entlang von Straßen und Eisenbahnen auch im ländlichen Bereich in stark zunehmendem Maß an Bedeutung.

Die Wiener Umweltschutzgesellschaft, insbesondere DI Wilfried Doppler, nimmt sich der zunehmenden Problematik von Kollisionen von Vögeln an Glasflächen besonders intensiv an und hat bereits in der Vergangenheit mehrere Studien dazu veröffentlicht (z. B. KOLMER 1998, ECKMAYER 2001).

Im März 2004 erging der Auftrag an die Biologische Station Hohenau-Ringelsdorf einen weiteren Versuch durchzuführen, in dem mit Wildvögeln und einer bedeutend größeren Stichprobe als bisher gearbeitet werden sollte.

Zu den Tätigkeiten der Biologischen Station Hohenau–Ringelsdorf an der March (Verein AURING) gehört seit 1994 die planmäßige Beringung von Singvögeln. Jährlich werden im Zeitraum Juli bis Oktober 3.000 bis 4.000 Singvögel von 50 – 60 Arten gefangen und beringt (z. B. ZUNA-KRATKY 2004). In Zusammenarbeit mit der Wiener Umweltschutzgesellschaft wurde ein „Laborversuch im Freiland“ konzipiert, der einen Teil der gefangenen und beringten Vögel unter kontrollierten Bedingungen auf Wahrnehmung von sechs eventuell kollisionsmindernden Glasflächen-Markierungen und das dadurch ausgelöste Reaktionsverhalten untersuchen sollte.

2 FRAGESTELLUNG UND METHODISCHE ANSÄTZE

Die Ausgangsfragestellung war: In welchem Ausmaß lassen sich Kollisionen von Vögeln mit Glasflächen durch unterschiedliche Markierungen verhindern?

2.1 Planungsvariante 1: Freilandversuch

Am Beginn der Überlegungen zur Versuchsanlage stand ein Freilandversuch für den erwogen wurde, im Untersuchungsgebiet unterschiedlich markierte Glasflächen zu errichten und mit Netzen zu sichern, diese kontinuierlich zu kontrollieren und die Zahl der potenziell kollidierten Vögel zu protokollieren. Diese Gedanken wurden aus folgenden Gründen verworfen: 1) Effizienz, 2) unbekannte Anzahl von Einflussgrößen.

1) Effizienz:

In den Fanganlagen werden pro Beringungssaison (Anfang Juli bis Ende Oktober) im Durchschnitt 11 Vögel / m² gefangen. Für eine Stichprobe von 1.000 Vögeln wären somit Glasflächen (sturmfest verankert) in der Dimension von mehr als 90 m² notwendig geworden. Weiters hätte dies einen durch-

gängigen Betrieb und lückenlose stündliche Kontrollen über einen Zeitraum von mindestens 2 Monaten bedingt.

2) Unbekannte Anzahl von Einflussgrößen:

Unterschiedliche Lichtverhältnisse, Spiegelungseffekte, Einflüsse von individuell gewählten Flugrouten länger anwesender Vögel und entsprechende Gewöhnungseffekte, Umgebungseffekte, Witterung, unterschiedliche Effekte von Störereignissen etc. spielen sicherlich im Freiland und somit in der Praxis von Kollisionen mit Glasflächen eine wichtige Rolle. Um aber zu wissenschaftlichen Aussagen über Wahrnehmbarkeit von präventiven Markierungen und die Reaktionen der Vögel auf solche zu gelangen, hätte ein Stichprobenumfang von 1.000 unterschiedlich verteilten potenziellen Kollisionen nicht ausgereicht. Weiters wären die begleitend erhobenen Messgrößen vermutlich unzulänglich geblieben und diese zu erheben und auszuwerten hätte unrealistische Dimensionen angenommen.

Vornehmlich aus diesen Gründen wurde diese Variante verworfen.

2.2 Planungsvariante 2: Laborversuch

Als Antwort auf die oben angesprochenen Überlegungen wurde erwogen, den gesamten Versuch in einer Halle mit käuflich erhältlichen Vögeln innerhalb weniger Tage durchzuführen. Auch dieser Ansatz wurde nicht weiter verfolgt, da das Argument für ein breites Artenspektrum wildlebender Vögel stichhaltig erschien.

2.3 Planungsvariante 3, realisierte Variante: „Laborversuch im Freiland“

Schließlich fiel die Entscheidung zu Gunsten eines Mischtyps aus Variante 1 und 2. Es sollten Vögel aus dem Freiland untersucht werden, diese aber möglichst effizient und unter Ausschaltung möglichst vieler Parameter. Es wurde in Kauf genommen, dass dieser Versuch nicht die Bedingungen des Freilands vollständig widerspiegelt aber einige Wesenszüge der Wirkungsmechanismen im Freiland erforschen hilft.

Der Versuch sollte in zwei Versuchsstufen durchgeführt werden. Die eine sollte im Wahlversuch verschieden markierte Glasflächen gegen eine durchsichtige Referenzscheibe prüfen, die zweite Versuchsstufe sollte nach ersten Rankings wirksamer Markierungen eine Auswahl markierter Glasflächen gegen eine konstant gehaltene markierte Referenzscheibe prüfen.

2.3.1 Versuchsstufe 1 - Fragestellungen

Test: Markierte Glasfläche gegen unmarkiert durchsichtige Glasfläche.

Fragestellungen:

- 1) Erkennen Vögel bestimmte Markierungen zur Sichtbarmachung von Glasscheiben? Zeigen sich unterschiedliche Wirksamkeiten verschiedener Markierungen?

- 2) Erkennen Vögel, die verschiedener Habitatnutzung zugeordnet werden, bestimmte Markierungen in unterschiedlichem Ausmaß? Zeigt sich unterschiedliche Wirksamkeit verschiedener Markierungen für verschiedene Habitatnutzungsgruppen?

2.3.2 Versuchsstufe 2 - Fragestellung

Test: Markierte Glasfläche gegen markierte Glasfläche (eine Markierung wird als Referenzscheibe über alle Versuche konstant gehalten und im Wahlversuch mit anderen Markierungen getestet).

Fragestellung:

- 3) Unterscheiden Vögel zwischen Markierungen und in welchem Ausmaß?

3 METHODE

3.1 Standort

Die Vogelberingungsstation der Biologischen Station Hohenau–Ringelsdorf ist auf Grund ihrer Lage und ihrer Infrastruktur sehr gut für die Durchführung von Versuchen an wildlebenden Singvögeln (in eingeschränktem Maße auch von Nichtsingvögeln) geeignet.

Die Beringungsstation befindet sich im unbesiedelten Bereich zwischen den Gemeinden Hohenau an der March und Ringelsdorf-Niederabsdorf (Niederösterreich, Bez. Gänserndorf). Sie liegt am Rande eines 38 ha großen Areals ehemaliger Absetzbecken der Zuckerfabrik Hohenau, die vom Verein AURING - Biologische Station Hohenau-Ringelsdorf naturschutzfachlich betreut werden. Dieser zum Großteil sehr nährstoffreiche Lebensraum zeichnet sich durch ein Gemisch von Wasser- und Feuchtflecken, Schilfbeständen, Gebüsch und ausgedehnten krautigen Vegetationseinheiten aus, welches sowohl als Brutplatz als auch als Rastplatz für (Sing-)Vögel von großer Bedeutung ist (Abb. 1).

Die Beringungsstation (Abb. 2) ist von Anfang Juli bis Ende Oktober an vier Tagen in der Woche besetzt. Die Vögel werden in stündlich kontrollierten Japannetzen (Gesamtlänge 144 m, Höhe 2,50 m) für die anschließende Kontrolle und Beringung gefangen (Abb. 3). Die Fanganlagen befinden sich in vier unterschiedlichen Vegetationseinheiten der ehemaligen Absetzbecken (vgl. RÖSSLER 1998).

Für die Durchführung des Versuchs konnte auf Einrichtungen wie Wasser- und Stromversorgung einerseits und auf die im Rahmen der Beringung gefangenen Vögel zurückgegriffen werden. Das Personal zur Durchführung des Versuchs (ein bis zwei Personen) wurde zusätzlich zum Stationsbetrieb besetzt.

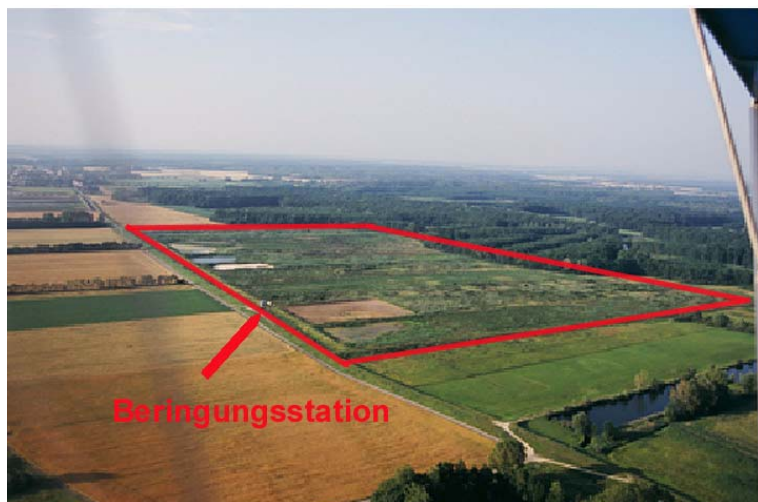


Abbildung 1: Die Beringungsstation (Pfeil) liegt am Rande eines 38 ha großen Areals ehemaliger Absetzbecken (rot umrandet) der Hohenauer Zuckerfabrik. Das Gebiet wird vom Verein AURING – Biologische Station Hohenau-Ringelsdorf naturschutzfachlich betreut.



Abbildung 2: Beringungsstation Hohenau-Ringelsdorf



Abbildung 3: Fanganlage mit Japannetz

3.2 Versuchsvögel - Abschätzung von Fangzahlen, Altersstruktur und Vogelarten

Anzahl und Artenspektrum der Versuchsvögel war vom Fangerfolg der Beringungsstation bestimmt. Auf Grund der langjährigen Tätigkeit der Beringungsstation konnte das Artenspektrum und die zu erwartenden Fangzahlen gut prognostiziert werden. Angestrebt wurde ein Datenumfang, der etwa 1.000 bis 1.500 Einzelversuchen entsprechen sollte. Dieser Wert sollte nach langjährigen Erfahrungen bei einem Start der Versuche Anfang Juli um den 10. August erreicht werden. Die Effizienz ist bedingt durch große Tageslänge und hohe Fangfrequenz im Monat Juli bis zu diesem Datum hoch, hernach rückläufig. Weiters sollten sowohl Alt- als auch Jungvögel untersucht werden. Das Verhältnis Altvögel zu Jungvögeln ist ebenfalls über den Fangzeitraum rückläufig, sodass mit angemessen hohen Altvogelzahlen nur im Juli gerechnet werden konnte. Das Artenspektrum sollte möglichst groß sein und Vertreter verschiedener Lebensraumtypen umfassen.

3.3 Untersuchungszeitraum

Auf Basis der vorgenannten Prämissen und der Fangprognosen wurde zur Untersuchung der Zeitraum **2. Juli bis 9. August 2004** gewählt. Um den Versuch unter möglichst optimalen Bedingungen zu starten, wurden im Rahmen von Vorversuchen vom 20. bis 30.06. allfällige Probleme rechtzeitig erkannt und konnten vor dem eigentlichen Versuchsbeginn gelöst werden.

Der Versuch wurde in zwei Phasen (Versuchsstufen) abgewickelt: Zunächst sollten die Versuche entsprechend Fragestellung 1) und 2) mit einem Ziel von $n = 90$ je Versuchsscheibe durchgeführt werden. Im Anschluss daran sollten die Versuche gemäß Fragestellung 3) mit einem Ziel $n = 60$ je Kombination durchgeführt werden.

3.4 Versuchsanlage

Für unsere Versuche sollte das Bestreben der Vögel aus einem verdunkelten Raum in Richtung eines Lichteinfalls zu entkommen ausgenutzt werden (Abb. 6). Es war also ein verdunkelter Raum zu konstruieren, der an einer Seite eine deutlich erkennbare „Fluchtöffnung“ aufweist. Diese Öffnung sollte so groß sein, dass zwei benachbarte, aber deutlich getrennte Glasflächen angebracht werden können. Der verdunkelte Raum sollte möglichst frei von reflektierenden oder eine Gefährdung darstellenden Strukturen sein. Der Weg vom Ort, an dem die Vögel starten sollten bis zum Lichteinfall sollte lang genug sein, dass die Vögel nicht „vor Panik blind“ auf die Fluchtöffnung zufliegen ohne spezifische Reize verarbeiten zu können. Nach Rücksprache mit H. W. LEY von der Vogelwarte Radolfzell und H. SCHMID von der Schweizerischen Vogelwarte Sempach musste von einer minimalen Flugstrecke von sechs Metern ausgegangen werden.

3.4.1 Tunnelkörper

Der Tunnel (Abb. 4) wurde aus OSB-Platten (grob verleimte Späne) gefertigt und hatte eine prismatische Grundform mit einer Länge von 7.50 m, einer Höhe von 1.25 m und einer Breite von 1.25 m. Der Tunnel wurde auf Eisenbahnschwellen, die mit einem Nivellier ausgerichtet wurden, Nord-Süd-orientiert abgesetzt (Abb. 5). Eine genaue Ausrichtung der Flugrichtung nach Norden war eine wichtige Vorgabe zur Vermeidung von störenden Einflüssen (z.B. Sonnenstand).

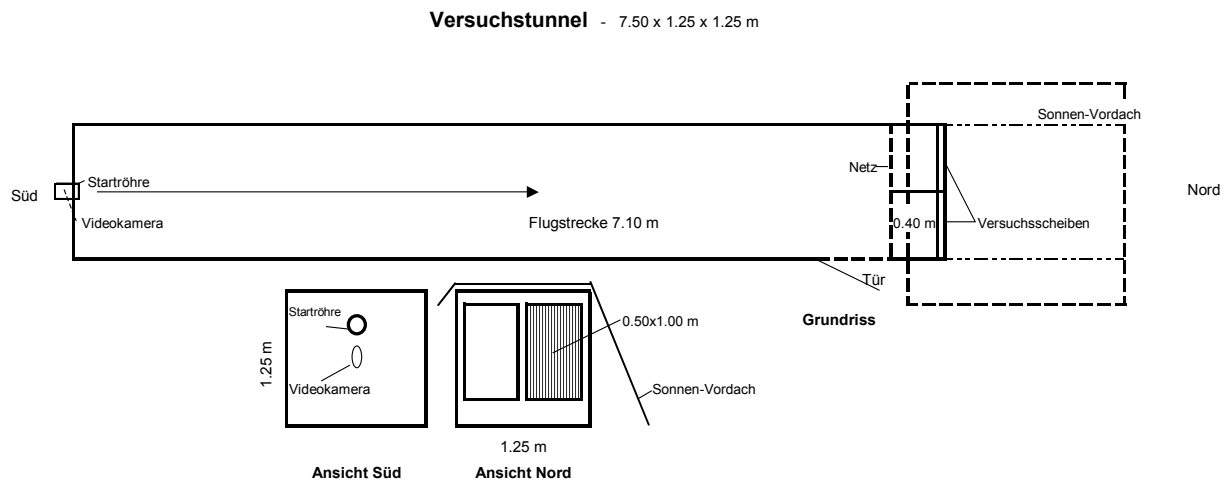


Abbildung 4: Die Skizze zeigt Grundriss, Ansicht Süd (Tunnelrückwand mit Startkanal und Videokamera) und Ansicht Nord (Tunnelvorderseite mit Scheibenhalterung).



Abbildung.5: Rohkörper des Versuchstunnels horizontal und nach Norden ausgerichtet. Die Gesamtlänge beträgt 7.50 m.



Abbildung 6: Während der Versuche gelangt Licht ausschließlich durch die Glasflächen in das Innere des Tunnels.

3.4.2 Rückwand: Startröhre und Videokamera

An der Rückwand am Südende des Tunnels wurden Startkanal und Videokamera montiert (Abb. 7). Als Startkanal diente ein PVC-Rohr mit 10 cm Durchmesser und einer Länge von 20 cm. Um Lichteinfall zu vermeiden wurde ein lichtdichter flexibler Schlauch (ein abgeschnittenes Hosenbein) über den äußeren Teil der Startröhre gezogen und mittels Gummizug festgehalten. Von einer Jalousie, die den Start der Vögel verzögern und ihnen eine bessere Anpassung an die Lichtverhältnisse gewähren sollte, wurde nach Vorversuchen abgegangen, da sich keine Notwendigkeit dafür erkennen ließ.

Videokamera: Die Videoaufzeichnungen wurden mit einer digitalen Videokamera (Sony DCR-HC20E) gemacht, die eine manuelle Blendensteuerung (Unterbelichtung) erlaubte und auch bei Abschaltung der Kamera die manuell vorgegebenen Einstellungen beibehielt. Die Videokamera befand sich an der Außenseite der Rückwand des Versuchstunnels. Gefilmt wurde durch eine kreisrunde, dem Objektiv angepasste Öffnung in der Rückwand, die ungefähr im Schnittpunkt der Diagonalen angebracht war. Die Kamera befand sich auf ein Brettchen montiert und an zwei Eisenwinkeln befestigt, lotrecht unter der Startröhre.



Abbildung 7: An der Rückwand des Versuchstunnels befinden sich Startkanal und Videokamera. Das Foto zeigt wie ein Vogel in die Startröhre gesetzt wird. Der schwarze Schlauch (ein abgeschnittenes Hosenbein) verhindert Lichteinfall von der rückwärtigen Seite.

3.4.3 Vorderwand: Testscheibenhalterung

Die Halterung der Testscheiben (Abb. 8) wurde so ausgeführt, dass ein schneller Wechsel der Versuchsglasflächen möglich war. Der Unterrand der Scheiben passte in eine Nut im unteren Teil der

Trägerrahmen. An zwei seitlichen Führungsleisten war jeweils ein Riegel montiert, der die Gläser an den Führungsrahmen presste. Die Versuche liefen ohne jeglichen Glasbruch ab.

3.4.4 Zugänglichkeit von der Seite

Eine seitlich nahe des Vorderendes angebrachte Türe von 60 cm Breite diente als Zugang zum Tunnel, um die Versuchsvögel aus dem Netz zu befreien.

3.4.5 Sonnendach und Tunnelabdeckung

Wie noch erörtert werden soll (Kap. 4.1.1) zeigten die Vorversuche, dass der Sonnenstand zu gravierenden Beeinflussungen des Versuchs führen kann. Um diesen Störfaktor auszuschließen, wurde zur Beschattung über eine Länge von 1.80 m ein Holzgerüst gebaut und dieses mit einer Sonnenplane abgedeckt (Abb. 8).



Abbildung 8: Sonnenplane zur Abschirmung des vor dem Tunnel liegenden Bereichs gegenüber direktem Sonnenlicht



Abbildung 9: Eine Abdeckplane schützt den Tunnel vor Nässe. Hier als Schattenspender wirksam.

Tunnelabdeckung: Der Tunnel war gegen Niederschläge mit sturmsicher verankerten Abdeckplanen geschützt (Abb. 9).

3.4.6 Einrichtungen zum Schutz der Vögel

Bei der Untersuchung handelte es sich um einen Tierversuch, welcher der Genehmigung der Naturschutzbehörde bedurfte. Diese wurde und von der Niederösterreichischen Landesregierung Abteilung Naturschutz mit der Aktenzahl RU5-BE-17/002-2004 erteilt. Darüber hinaus war es für uns überaus wichtig, den zusätzlichen Stress und das zusätzliche Risiko für die Versuchsvögel so gering wie möglich zu halten. Jegliche Kollisionen mit massiven Strukturen der Versuchseinrichtung sollten möglichst vollständig ausgeschaltet werden.

3.4.6.1 Auffangnetz



Abb. 10: Das Japannetz verhindert Kollisionen mit den Versuchsscheiben. Ein Schilfrohrsänger mit Flugrichtung zum rechten Sektor.

Um tatsächliche Kollisionen mit den Versuchsscheiben zu vermeiden wurde ein Japannetz 40 cm vor den Glasflächen in den Tunnel eingepasst. Es mussten einige Versuche (ohne dahinter befindliche Glasflächen) gemacht werden, ehe der richtige Netztyp gefunden war. Es wurden drei verschiedene Ausführungen von Japannetzen erprobt, und obwohl alle drei getesteten Netztypen für die Tätigkeit der Beringungsstation erfolgreich im Einsatz waren, erwies sich im Versuchstunnel nur ein Netz als geeignet. Ein Netztyp war zu schwach (Neuntöter schlugen durch), ein robusteres Limikolenfangnetz mit geringfügig größerer Maschenweite wurde ausgeschieden, weil kleine Vögel wie Schilfrohrsänger durchschlüpfen konnten. Als geeignet erwies sich schließlich der derzeit von der Beringungsstation eingesetzte Netztyp italienischer Herkunft (Länge 9.00 m, Höhe 2.50 m, Maschenweite 16 mm, Fadenstärke 0,1 mm).

Gegen Ende der Versuche zeigte sich eine starke Abnutzung auch dieses Netzes in den Regionen stärkster Beanspruchung, sodass regelmäßige Reparaturen notwendig wurden.

3.4.6.2 Polsterungen

Da hoch anfliegende Vögel im Netz radial beschleunigt werden und an die Decke prallen können, wurde die Decke vor und hinter dem Netz mit Noppenfolie stark gepolstert. Ebenso wurde die Trennwand, die eine optische Trennung der beiden Versuchsscheiben im Bereich zwischen Netz und Scheibenhalterung bedingen sollte, an der Stirnseite mit Textilstreifen gepolstert.

In Vorversuchen wurden Beeinträchtigungen des Versuchs durch visuelle Einflüsse, hervorgerufen durch die eben erwähnten Einrichtungen (Netz und Polsterungen) ausgeschlossen.

3.5 Markierungen der Glasflächen

In der vorliegenden Untersuchung wurden fünf geometrische (drei Markierungen mit vertikal angeordneten weißen Streifen, eine Markierung mit horizontal angeordneten weißen Streifen, ein Raster-Muster) und eine nicht-geometrische Markierung auf ihre Wirksamkeit getestet.

Ausschlaggebend für die Entscheidung, drei Vertikal-Streifen-Muster in den Versuch zu nehmen, war der Freilandversuch von SCHMID & SIERRO (2000). Sie gehen auf Basis eigener Erfahrungen und der Ergebnisse von KLEM (1990) davon aus, dass vertikale Strukturen wirkungsvoller sind als horizontale. Die Streifenabstände der vertikalen Markierungen betragen bei SCHMID & SIERRO (2000) 5 bzw. in den meisten Fällen 10 cm, die Streifenbreiten variieren zwischen 9 mm und 19 mm. Ein horizontales Bändermuster mit vergleichbarem Deckungsgrad war ebenfalls wichtig, da die Ergebnisse von KLEM (1990) eine geringere Wirksamkeit horizontaler Streifen ergeben haben, diese Ergebnisse aber auf Stichproben von jeweils 4 bis 5 Vögeln basieren. Das Muster „Raster“ war uns wichtig, um die Resultate von ECKMAYER (2001) nochmals zu prüfen (vgl. 5.2.2). Schließlich suchten wir nach einem geeigneten nicht geometrischen Muster und entschieden uns für „Koralle“, eine Markierung die uns vom Tiergarten Schönbrunn zur Verfügung gestellt wurde.

Die Versuchsscheiben hatten eine Breite von 0.50 m und eine Höhe von 1.00 m. Die Scheiben mit den Markierungen „1,3 v“ und „Raster“ (vgl. Tab.1) stammen aus vorangehenden Versuchen und wurden uns von der Wiener Umweltschutzbehörde zur Verfügung gestellt. Es waren dies im Siebdruck-Verfahren markierte Gläser mit einer Stärke von 5 mm. Von uns wurden durchsichtige Glasscheiben mit einer Stärke von 4 mm mittels eines weißen undurchsichtigen Klebestreifens („Certoplast“) der Firma Vorwerk mit den Versuchs-Markierungen „10 v“, „15 v“ und „10 h“ versehen. Die Markierung „Koralle“ wurde uns (gemeinsam mit einer anderen nach 50 Versuchen ausgeschiedenen Markierung) gebrauchsfertig übergeben. Die Markierung bestand aus einer halbtransparenten Klebefolie (Tab. 1, Abb. 11)

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

Tabelle 1: Ausführung der sechs ausgewerteten Markierungstypen

Bezeichnung	Markierung	Ausführung	Bedeckungsgrad	Transparenz
Koralle	korallenartig verästelte geschwungene Form	Klebefolie	ca. 13 %	mäßig
1,3 v	13 mm breite <u>vertikale</u> Streifen mit Zwischenabstand von 13 mm,	Siebdruck, weiß	50 %	gering
10 v	20 mm breite <u>vertikale</u> Streifen mit Zwischenabstand von 10 cm	Certoplast – Klebeband weiß (2 x 15 mm überlappend)	16,7 %	deckend
15 v	20 mm breite <u>vertikale</u> Streifen mit Zwischenabstand von 15 cm	Certoplast – Klebeband weiß (2 x 15 mm überlappend)	11,8 %	deckend
10 h	20 mm breite <u>horizontale</u> Streifen mit Zwischenabstand von 10 cm	Certoplast – Klebeband weiß (2 x 15 mm überlappend)	16,7 %	deckend
Raster	1 mm breite Rasterlinien im Abstand von 12 mm, weiß	Siebdruck, weiß	16,0 %	gering deckend

3.6 Versuchsvögel

Als Versuchsvögel wurden alle Vögel herangezogen, die im Betrieb der Beringungsstation gefangen und beringt bzw. kontrolliert wurden und denen ein Versuch zumutbar erschien. Jungvögel mit nicht abgeschlossenem Gefiederwachstum und Vögel die Erschöpfungserscheinungen zeigten sowie Arten, die auf Grund ihrer Größe für den Versuch ungeeignet erschienen, wurden gleich nach der Beringung freigelassen.

Somit wurden erstmalig gefangene und frisch beringte Vögel, bereits in einem der Vorjahre beringte Vögel (Altfänge), aber auch bereits im Versuchszeitraum gefangene und beringte Vögel (Wiederfänge) in den Versuch einbezogen. Die Vögel wurden anschließend an die Kontrolle durch das Beringungsteam 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.



Koralle



1,3 v



10 v



15 v



10 h



Raster

Abbildung 11: Sicht aus dem Inneren des Tunnels auf die Versuchsscheiben und Bezeichnungen für die jeweiligen Markierungen. Gesamtfläche der Glasflächen 0.50 m x 1.00 m, dargestellt ist die obere Hälfte (ca. 0.50 m x 0.50 m).

Tabelle 2: Artenliste der 873 ausgewerteten Versuchsflüge; Arten (46) und Anzahl der Versuchsvögel.

Vogelart		Anzahl	Vogelart		Anzahl
Eisvogel	<i>Alcedo atthis</i>	1	Sperbergrasmücke	<i>Sylvia nisoria</i>	8
Wendehals	<i>Jynx torquilla</i>	7	Dorngrasmücke	<i>Sylvia communis</i>	94
Buntspecht	<i>Dendrocopos major</i>	1	Gartengrasmücke	<i>Sylvia borin</i>	14
Kleinspecht	<i>Dendrocopos minor</i>	3	Mönchsgrasmücke	<i>Sylvia atricapilla</i>	61
Feldlerche	<i>Alauda arvensis</i>	1	Zilpzalp	<i>Phylloscopus collybita</i>	1
Uferschwalbe	<i>Riparia riparia</i>	1	Fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>	9
Baumpieper	<i>Anthus trivialis</i>	1	Grauschnäpper	<i>Muscicapa striata</i>	1
Schafstelze	<i>Motacilla flava</i>	1	Halsbandschnäpper	<i>Ficedula albicollis</i>	2
Zaunkönig	<i>Troglodytes troglodytes</i>	1	Blaumeise	<i>Parus caeruleus</i>	26
Sprosser	<i>Luscinia luscinia</i>	1	Kohlmeise	<i>Parus major</i>	8
Nachtigall	<i>Luscinia megarhynchos</i>	4	Kleiber	<i>Sitta europaea</i>	1
Blaukehlchen	<i>Luscinia svecica</i>	10	Beutelmeise	<i>Remiz pendulinus</i>	1
Hausrotschwanz	<i>Phoenicurus ochruros</i>	1	Neuntöter	<i>Lanius collurio</i>	35
Schwarzkehlchen	<i>Saxicola torquata</i>	7	Raubwürger	<i>Lanius excubitor</i>	1
Amsel	<i>Turdus merula</i>	2	Star	<i>Sturnus vulgaris</i>	11
Singdrossel	<i>Turdus philomelos</i>	2	Feldsperling	<i>Passer montanus</i>	36
Feldschwirl	<i>Locustella naevia</i>	7	Buchfink	<i>Fringilla coelebs</i>	1
Schlagschwirl	<i>Locustella fluviatilis</i>	1	Grünling	<i>Carduelis chloris</i>	10
Rohrschwirl	<i>Locustella luscinioides</i>	3	Stieglitz	<i>Carduelis carduelis</i>	4
Schilfrohrsänger	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	125	Kernbeißer	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	1
Sumpfrohrsänger	<i>Acrocephalus palustris</i>	228	Goldammer	<i>Emberiza citrinella</i>	18
Teichrohrsänger	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	31	Rohrammer	<i>Emberiza schoeniclus</i>	31
Drosselrohrsänger	<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	59	Graumammer	<i>Miliaria calandra</i>	1

Das Artenspektrum der an der Beringungsstation Hohenau–Ringelsdorf gefangenen Vögel ist relativ groß und während der Versuchszeit von Rohrsängern *Acrocephalus spec.* und Grasmücken *Sylvia spec.* dominiert. Im Untersuchungszeitraum wurden 46 Vogelarten gefangen und als Versuchsvögel verwendet. Es dominierten die Arten Sumpfrohrsänger *Acrocephalus palustris*, Schilfrohrsänger *Acrocephalus schoenobaenus* und Dorngrasmücke *Sylvia communis*. Tab. 2 gibt einen Überblick über die Versuchsvögel aus 873 Versuchsflügen (vgl. 4.1.2, Tab. 3).

Todesfälle:

Es kam während des Versuchs zu vier Todesfällen, drei durch Anprall, einer vermutlich infolge Stress bzw. Erschöpfung. Die Todesfälle durch Anprall gehen auf eine Kollision mit der zwar gepolsterten aber massiven Trennwand (in Zukunft muss diese zumindest teilweise durch textiles Material ersetzt werden), eine unglückliche Kollision mit der Trägerleiste des Netzes und in einem Fall auf eine Kollision mit einer Versuchsscheibe zurück, hervorgerufen durch ein kleines übersehenes Loch im Auffangnetz.

3.7 Datenerfassung

Nach dem Start wurde das Verhalten der Vögel über die kurze Zeit ihres Fluges zwischen Startröhre und Kollision mit dem Auffangnetz sowohl am Display der Kamera direkt beobachtet als auch auf Video dokumentiert.

Videoaufzeichnung: Alle Flüge wurden auf Video aufgezeichnet. Mit manueller Blendensteuerung wurde jeweils so stark unterbelichtet, dass die Strukturen am Ende des Tunnels scharf erkennbar waren und nicht überstrahlt aufgezeichnet wurden. Vor jedem Start wurde die Videokamera eingeschaltet und nach der Landung im Netz wieder gestoppt.

Insgesamt wurden ca. 3 Stunden Filmmaterial aufgenommen.

3.8 Protokollierung

Protokolliert wurden Art und Position der Versuchsscheiben (links – rechts), Lichtverhältnisse außerhalb des Versuchstunnels (Sonne, Wolke vor Sonne, düster, etc.) und alle Daten, die eine Verknüpfung der Videosequenzen mit den protokollierten Daten bzw. die Verknüpfung der Versuchsdaten mit den individuellen Daten der Vögel aus den Beringungsprotokollen erlaubten (Ringnummer, Vogelart, *Time Code* der Kamera zu Kamerastart – Abb. 12).



Abbildung 12: Zwei Personen führen den Versuch durch – eine Person bedient die Videokamera und setzt die Versuchsvögel in die Startröhre, die zweite Person protokolliert und lässt die Versuchsvögel nach dem Flug umgehend frei.

3.9 Auswertung

3.9.1 Ausgewertete und verworfene Daten

Für die Fragestellungen der Studie wurden nur eindeutige Entscheidungen zwischen zwei Scheiben („links“, „rechts“) herangezogen und „mittige“ Anflüge verworfen. Weiters wurden die Versuche mit einem Markierungstyp (sehr hoch bedeckendes grünes „Kipferlmuster“, Herkunft Tiergarten Schönbrunn) und einige Kombinationen von Markierungen (Versuchsstufe 2 - Markierung gegen Markierung) nach einigen Versuchen abgebrochen, um für die verbleibenden eine ausreichend hohe Stichprobengröße zu erreichen (Kap. 4.1.2).

3.9.2 Videoauswertung

Alle Flüge wurden in Zeitlupe angesehen und das Ergebnis mit der Direktbeobachtung verglichen. Für die Berechnungen der Versuchsergebnisse wurden ausschließlich die Videodaten herangezogen. In zehn Fällen wurde verabsäumt die Kamera rechtzeitig einzuschalten. In diesen Fällen wurden die Daten aus der Direktbeobachtung herangezogen. In 30 Fällen klärten die Aufzeichnungen der Kamera Fehler aus der Direktbeobachtung.

3.9.3 Statistische Methoden

Die Versuchsergebnisse wurden mit Binomialtest und je nach Zellhäufigkeit mit χ^2 -Test oder Fisher's Exakt-Test (SIEGEL 1985) untersucht, um Unterschiede in der Häufigkeit bei einfach oder mehrfach gestuften Alternativmerkmalen zu untersuchen.

Die Signifikanz eines χ^2 -Tests auf Unabhängigkeit zeigt nur, dass die beobachteten Häufigkeiten insgesamt von den erwarteten Werten abweichen. Die darüber hinausgehende Identifizierung von signifikanten Abweichungen einzelner Häufigkeiten bei mehrfach gestuften Merkmalen wurde mit Hilfe einer Residualanalyse untersucht. Der Grundgedanke dahinter ist die Interpretation der Differenz (= Residuum) zwischen beobachteten oder erwarteten Zelhäufigkeiten. Da diese Differenz auch abhängig von der Stichprobengröße ist, verwendet man adjustierte Residuen¹. Diese sind standardnormal-verteilt und werden als Indikator für einen signifikanten Unterschied herangezogen (HABERMAN 1973). Dieses Prüfverfahren kann als vielfache post—hoc Einzelvergleichstests interpretiert werden. Das Signifikanzniveau wurde daher mit Hilfe der Bonferoni-Korrektur² angepasst (BORTZ 1993).

Die Tests wurden mit SPSS 12.0 berechnet, die Bonferoni-Korrektur und die Z-Werte der Standardnormalverteilung in EXCEL ermittelt.

3.10 Vorversuche und Kontrollversuche

Vor Beginn der Versuche sollte beobachtet werden, wie sich Vögel im Versuchstunnel verhalten und ob zusätzliche Anpassungen (zum Beispiel auf Grund ungleich verteilter visueller Reize) notwendig werden sollten. Die Vorversuche wurden an fünf Tagen zwischen 20. und 30. Juni mit 120 eigens dafür gefangenen Vögeln durchgeführt. Folgende Versuchsanordnungen wurden gewählt:

- 1) kein Netz, kein Glas
- 2) beiderseitiges Netz, kein Glas
- 3) Netz, zwei unmarkierte Glasflächen

Während der Versuchsdurchführung wurden in regelmäßigen Abständen (ca. 1 x täglich) Blöcke von fünf oder zehn Versuchsflügen mit zwei unmarkierten Scheiben eingestreut und der Verlauf des Versuchs dahingehend kontrolliert, ob sich Hinweise auf systematische Fehler ergeben (vgl. Kap. 4.1.1).

3.11 Versuche

3.11.1 Reihenfolge der Scheibenpositionen

Die Anordnungen der Versuchsscheiben wurden in kurzen Intervallen gewechselt, und zwar jeweils nach fünf Versuchsflügen. Damit sollten eventuelle Einflüsse von Tageslicht und Witterung möglichst

¹ Adjustierte Residuen: Residuen die durch den erwarteten Wert des Standardfehlers dividiert werden

² Bonferoni-Korrektur: das korrigierte Signifikanzniveau Formel $\alpha' = 1 - (1 - \alpha)^{1/n}$ berechnet, wobei n die Anzahl der Felder einer Kontingenztafel ist (BORTZ 1993)

auf alle Versuchsanordnungen verteilt werden. In der Regel wurde dabei ein voller Durchlauf von drei Scheibenkombinationen (15 Versuche) bei konstanter Referenzscheibe gemacht, dann wurde die Position (rechts/links) der Referenzscheibe geändert und die Scheibenkombinationen rückläufig getestet. Die erste Position wurde gelöst.

3.11.2 Reihenfolge der Versuchsvögel

Die Reihenfolge, in der die Vögel getestet wurden, entsprach der (zufälligen) Reihenfolge, in der sie beringt wurden. Alle Vögel wurden unmittelbar nach ihrer Beringung unserem Versuch (ein Flug) unterzogen und hernach sofort freigelassen.

4 ERGEBNISSE

4.1 Vorbemerkungen

4.1.1 Vorversuche

Die Vorversuche (Kap. 3.10) im Juni 2004 brachten das für uns erstaunliche Ergebnis, dass der Sonnenstand das Flugverhalten der Vögel entscheidend beeinflusste und der Flugkanal optisch nicht an den Versuchsscheiben enden durfte. Fast ausnahmslos wählten die Vögel im Versuch ohne Scheiben am Morgen die linke (westliche) und am Abend die rechte (östliche) Seite zur Flucht. Daraufhin wurde eine Plane zur Abschirmung des einfallenden Sonnenlichtes im Bereich vor dem Tunnel montiert (vgl. Kap.3.4.5). Danach verliefen die Vorversuche gleich verteilt auf die beiden Seiten.

4.1.2 Überblick über ausgewertetes, nicht ausgewertetes und verworfenes Datenmaterial der Versuchsstufen 1 und 2

In 1.021 Versuchsflügen verweigerten 20 Vögel (1,8 %) den Flug (möglicherweise als Folge von Stress durch Fang, Beringung und Versuch) und wurden freigelassen. 7 Vögel (0,6 %) landeten vor dem Netz. 14 Vögel (1,2 %) bremsten vor dem Netz, wo sie sich zwar fingen, doch konnte diese Situation nicht als Entscheidung für einen der beiden „Ausgänge“ gewertet werden. In weiteren 9 Fällen (0,8 %) flogen die Vögel so zögerlich, dass auch hier keine Wertung möglich erschien.

98 Flüge wurden nicht gewertet, da die Versuchsanordnungen (Markierungstyp, Scheibenkombination) bei geringer Stichprobe abgebrochen worden waren.

Bei weiteren 16 Vögeln konnte nicht entschieden werden, ob sie der linken oder der rechten Seite zuzuordnen sind („mittige Anflüge“).

Zur Auswertung kamen 857 Versuchsflüge, davon 528 für sechs getestete Scheibenmarkierungen in Versuchsstufe 1 und 197 Versuchsflüge für drei Scheibenkombinationen in Versuchsstufe 2 mit klaren Zuordnungen zu einer der beiden Seiten (Tab. 3). 132 Versuchsflüge fanden im Zuge fortlaufender Kontrollversuche statt.

Das Gesamtergebnis von 427 Anflügen links und 430 Anflügen rechts weist darauf hin, dass es über den Zeitraum der Versuchsdurchführung zu keinen übergeordneten, langfristig wirksamen systematischen Beeinträchtigungen der Versuche gekommen ist.

Tabelle 3: Verteilung der Anflüge auf die links bzw. rechts montierten Glasscheiben, unabhängig von Markierungen.

	Anflug		
	links	rechts	mittig (verworfen für Aussagen zur Wirksamkeit von Markierungen)
Kontrollversuche	62	70	3
markierte gegen nicht markierte Scheibe	266	262	8
markierte gegen markierte Scheibe	99	98	5
Summe	427	430	16

4.1.3 Störgrößen – Einfluss der Tageszeit

Aus den Vorversuchen war bekannt, dass störende Einflüsse durch Sonnenlicht bzw. Sonnenstand auftreten könnten. Mit einer Beschattung der vor den Versuchs-Glasflächen liegenden Umgebung wurde diesem Risiko begegnet. Da vor allem in den Morgenstunden mit der stärksten Beeinträchtigung der Versuche gerechnet werden musste (starke Wirkung extremer Sonnenstände, höchste Zahl der Versuche) wurden mittels Fisher's Exakt-Test (6 verschiedene Tests, n zwischen 35 und 55) alle Versuche aus Versuchsstufe 1 für den Zeitraum 5:00 bis 9:00 Uhr auf mögliche Ungleichverteilung geprüft. Der Test betrifft 47 % aller Versuche aus Versuchsstufe 1 und ist in allen Fällen nicht signifikant. Damit ist ein Einfluss der Tageszeit auf die Versuche sehr unwahrscheinlich oder bedeutungslos.

Tabelle 4: Untersuchung auf Störeinfluss durch Sonnenstand am Morgen (5:00 – 9:00 Uhr). Anzahl der „Kollisionen“ an Referenzscheibe (unmarkiert durchsichtig) und markierter Scheibe wenn Versuchsscheibe links bzw. rechts positioniert.

Versuchsscheibe		n	Kollision mit	
			unmarkierter Referenzscheibe	markierter Versuchsscheibe
Koralle	links	35	11	1
	rechts		23	0
1,3 v	links	42	24	1
	rechts		15	2
10 v	links	43	8	1
	rechts		33	1
15 v	links	55	20	2
	rechts		29	4
10 h	links	42	11	2
	rechts		23	6
Raster	links	34	4	6
	rechts		11	13

4.2 Ergebnisse der Versuche

Vorbemerkung: Sowohl im Text als auch in den Abbildungen und Tabellen ist im Folgenden synonym von „Anflügen“ und „Kollisionen“ die Rede. Dabei handelt es sich selbstverständlich nicht um tatsächliche Kollisionen mit den Glasflächen, da die Vögel zuvor von einem Netz abgefangen wurden (Kap. 3.4.6).

4.2.1 Versuchsstufe 1 - Markierte Scheiben gegen unmarkierte durchsichtige Scheiben

In Versuchsstufe 1 wurden 536 Versuchsflüge ausgewertet. Bei 528 Flügen konnte klar zwischen „links“ und „rechts“ unterschieden werden, 8 „mittige“ Anflüge wurden verworfen.

Zunächst erfolgt die gemeinsame Betrachtung aller Vögel im Versuch. Anschließend daran wird eine differenzierte Betrachtung der Vögel in vier Gruppen versucht.

4.2.1.1 Alle Vögel

Versuchsstufe 1 für alle Vögel liefert die am besten abgesicherten Ergebnisse Die Anzahl der gewerteten Versuche je Markierungstyp liegt zwischen $n = 85$ und $n = 93$, (Mittel: 89,2). Abb. 13 zeigt den Anteil der „Kollisionen“ mit markierten Scheiben („Koralle“: 4,8 %, „1,3 v“: 5,9 %, „10 v“: 4,6 %, „15 v“: 11,0 %, „10 h“: 21,6 %, „Raster“: 52,7 %).

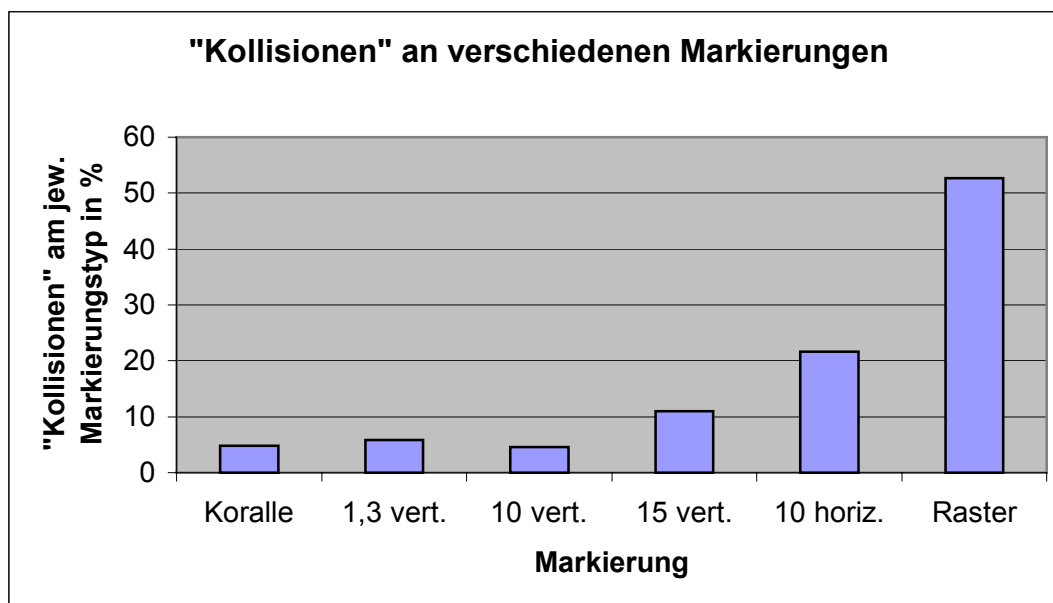


Abbildung 13: Relative Häufigkeit von „Kollisionen“ mit markierten Glasscheiben, Referenzscheibe: Fensterglas unmarkiert. Anzahl der ausgewerteten Versuche „Koralle“: 84; 1,3 vert.: 85; 10 vert.: 87; 15 vert.: 91; 10 horiz.: 88; „Raster“: 91.

Fünf von sechs Markierungen zeigen wesentlich weniger „Kollisionen“ als das unmarkiert durchsichtige Glas. Einzig beim Versuch mit der Markierung „Raster“ tritt kein messbarer Effekt auf; hier ist kein signifikanter Unterschied zu den „Kollisionen“ mit der leeren Glasscheibe feststellbar (Tab. 5).

Tabelle 5: Einzelvergleiche der „Kollisionen“ mit unmarkierter und markierter Glasscheibe; Binomial-Test.

Vergleich	„Kollisionen“ mit		
	Glasscheibe unmarkiert mit	Glasscheibe unmarkiert	Markierung
			<i>p</i> -Wert
Koralle	80 (95,2 %)	4 (4,8 %)	<0,001
1,3 v	80 (94,1 %)	5 (5,9 %)	<0,001
10 v	83 (95,4 %)	4 (4,6 %)	<0,001
15 v	81 (89,0%)	10 (11,0 %)	<0,001
10 h	69 (78,4%)	19 (21,6 %)	<0,001
Raster	44 (47,3%)	49 (52,7 %)	n.s.
Summe	437	91	

Betrachtet man die Wirkung der „abschreckenden“ Markierungen (ohne „Raster“) untereinander, so stellt man eine signifikante Abweichung von einer Gleichverteilung (Chi²-Test, Chi²-Wert = 18,9, n = 435, FG = 4, p = 0,001) und eine beachtliche Schwankungsbreite von 4,6 bis 21,6 % (bei 10 h) fest (Tab. 6). Die Residualanalyse zeigt, dass das Muster „10 h“ signifikant weniger „abschreckend“ ist als der Durchschnitt aller anderen Markierungen.

Tabelle 6: Residualanalyse zur Verteilung der „Kollisionen“ bei wirksamen Mustern.

Scheibe	Kollision mit		Alle
	Glas	Markierung	
Koralle	80	4	84
Adjustierte Residuen	1,7	-1,7	
1,3 v	80	5	85
Adjustierte Residuen	1,3	-1,3	
10 v	83	4	87
Adjustierte Residuen	1,8	-1,8	
15 v	81	10	91
Adjustierte Residuen	-0,5	0,5	
10 h	69	19	88
Adjustierte Residuen	-4,2***	4,2***	
Alle	393 (91%)	42 (9%)	435

***= $p < 0.001$, mit Bonferoni-Korrektur

Vergleicht man die restlichen Scheibenmarkierungen, so ergibt sich insgesamt kein signifikanter Unterschied zu einer Gleichverteilung der „Kollisionen“. Ein Vergleich der Kollisionshäufigkeit von „10 v“ mit „15 v“ zeigt, dass zumindest ein Trend für eine bessere Wirksamkeit durch „10 v“ vorhanden ist (Fisher's Exakt-Test, $FG = 1$, $p = 0,09$, einseitig).

4.2.1.2 Vögel geordnet nach Artengruppen

Optische Wahrnehmungsfähigkeit und lokomotorische Anpassung an den Hauptlebensraum einer Art könnten die Ergebnisse der Untersuchung beeinflussen. Daher erschien es uns sinnvoll, eine Auswertung der Daten zu versuchen, die dem Rechnung trägt und zumindest Hinweise liefern könnte, falls grobe Unterschiede zwischen gewissen Artengruppen auftreten. Die Vögel wurden in vier Hauptlebensraumgruppen unterteilt, um sie nach dieser Gruppierung getrennt auszuwerten (Tab. 7). Tab. 8 zeigt die Ergebnisse der Residualanalyse zur Fragestellung, ob Vögel verschiedener Lebensraumgruppen unterschiedlich auf Markierungen reagieren.

Tabelle 7: Überblick über die Versuchsvögel geordnet nach Lebensräumen und Häufigkeit im Versuch (Klammern) in beiden Versuchsstufen.

Bevorzugtes Auftreten in	Arten (Anzahl Versuche)	Anzahl Versuche pro Kategorie
offenen Lebensräumen	Feldsperling (36), Neuntöter (35), Goldammer (18), Star (11), Schwarzkehlchen (7), Stieglitz (4), Eisvogel, Uferschwalbe, Feldlerche, Baumpieper, Schafstelze, Hausrotschwanz, Raubwürger u. Grauammer (jew. 1)	119
Schilf	Schilfrohrsänger (125), Drosselrohrsänger (59), Teichrohrsänger, Rohrammer (jew. 31), Rohrschwirl (3)	249
dichter, krautiger Vegetation	Sumpfrohrsänger (228), Blaukehlchen (10), Feldschwirl (7), Zaunkönig (1)	246
Gehölze	Dorngrasmücke (94), Mönchsgrasmücke (61), Blaumeise (26), Gartengrasmücke (14), Grünling (10), Fitis (9), Sperbergrasmücke, Kohlmeise (jew. 8), Wendehals (7), Nachtigall (4), Kleinspecht (3), Amsel, Singdrossel, Halsbandschnäpper (jew. 2), Buntspecht, Sprosser, Schlagschwirl, Zilpzalp, Grauschnäpper, Kleiber, Beutelmeise, Buchfink und Kernbeißer (jew. 1)	259

Tabelle 8: Verteilung der „Kollisionen“ geordnet nach Haupt-Lebensräumen in Versuchsstufe 1.

Lebensraum	Seite	Markierung	Alle
	Glas		
Offen	68 (85 %)	12 (15 %)	80
Adjustierte Residuen	0,2	-0,2	
Schilf	137 (84 %)	27 (16 %)	164
Adjustierte Residuen	1,9	-1,9	
Kraut	104 (79 %)	27 (21%)	131
Adjustierte Residuen	-1,8	1,8	
Gehölz	128 (84 %)	25 (16 %)	153
Adjustierte Residuen	-0,3	0,3	
Alle	437 (83 %)	91 (17 %)	528

Bei einer differenzierten Betrachtung der vier Gruppen lässt sich statistisch kein Unterschied von Gruppe zu Gruppe in der Wirksamkeit der Gesamtheit der Muster feststellen (Chi²-Test, Pearson Chi²-

Wert = 3,082, n = 578, FG = 3, n.s., Tab.8). Die Residualanalyse, die innerhalb der Gruppen unterschiedliche Wirksamkeit der Markierungen prüfen könnte, ist für die meisten einzelnen Versuche wegen der geringen Zellhäufigkeiten nicht mehr möglich (mehr als 20 % der Fälle < 5). Prüfbar ist die Häufigkeit der „Kollisionen“ mit der Markierung „Raster“ zwischen den Gruppen. Sie zeigt statistisch keine Unterschiede (Chi²-Test, Pearson Chi² = 2,7, n = 91, FG = 3, n.s.).

4.2.2 Versuchsstufe 2 - Markierte gegen markierte Scheiben

In Versuchsstufe 2 wurden 198 Versuchsflüge ausgewertet, in 197 Fällen konnte klar zwischen „links“ und „rechts“ unterschieden werden, ein „mittiger“ Anflug wurde verworfen. Abb. 14 gibt einen Überblick über die Verteilung der „Kollisionen“ in den einzelnen Wahlversuchen, bei denen sowohl links als auch rechts markierte Scheiben angebracht waren, wobei die Markierung „10 v“ als Referenzscheibe gegen „10 h“, „15 v“ und „Koralle“ geprüft wurde.

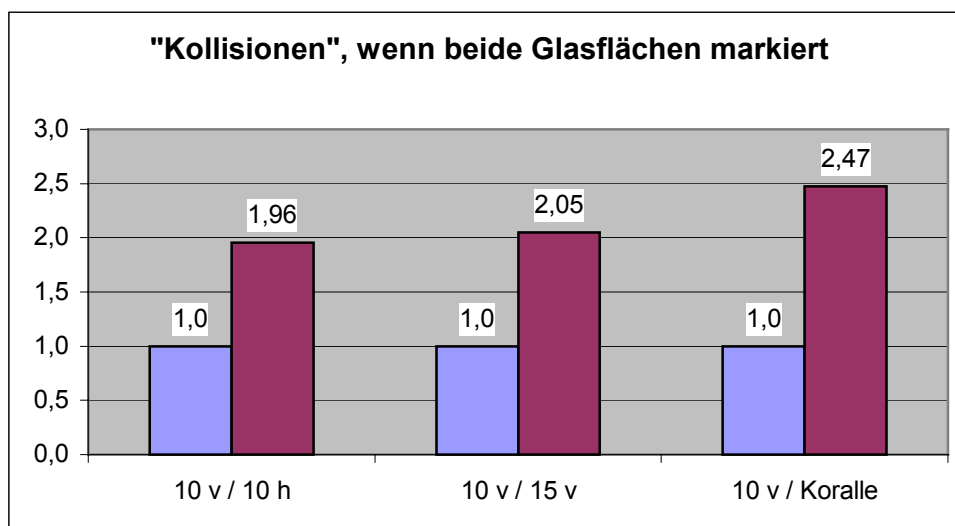


Abbildung 14: Unterscheiden Vögel zwischen Mustern? – Verhältniszahlen von „Kollisionen“ im Wahlversuch mit zwei Markierungen. Willkürlich wurde „10 v“ als Referenzscheibe gewählt und gegen „Koralle“, „15 v“ und „10 h“ getestet. „10 v“ / „10 h“: n = 68, „10 v“ / „15 v“: n = 61, „10 v“ / „Koralle“: n = 68; „Kollisionen“ mit der Referenzscheibe „10 v“ wurden gleich 1 gesetzt.

Die direkten Vergleiche zweier Markierungen im Wahlversuch, bei denen die Markierung „10 v“ willkürlich als Referenzscheibe gewählt wurde, zeigen in allen Fällen, dass „10 v“ signifikant weniger Kollisionen verursacht als die übrigen Markierungen (Tab.9).

Tabelle 9: Verteilung der „Kollisionen“ bei Versuchen mit zwei markierten Glasflächen. Markierung 1 = Referenzscheibe „10 v“, Markierung 2 = Versuchsscheiben „10 h“, „15 v“, „Koralle“. Chi²-Test, n = 197, FG = 2.

	Kollision mit		Chi ²	P
	Markierung 1	Markierung 2		
10v_10h	23 (34%)	45 (66%)	7,18	<0,001
10v_15v	20 (33%)	41 (67%)	7,23	<0,001
10v_Koralle	21 (31%)	47 (69%)	9,94	<0,001

4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die untersuchte Markierung „Raster“ ist unwirksam.
- Horizontale Streifen sind weniger wirksam als vertikale.
- Die Wirksamkeit vertikaler Streifen ist hoch, Unterschiede sind gering.
- Markierung „Koralle“ ist ebenso wirkungsvoll wie vertikale Streifen.
- Unterschiede zwischen den Lebensraumgruppen sind nicht erkennbar.
- Bei direkten Vergleichen mit „10 v“ schneiden „Koralle“, „15 v“ und „10 h“ schlechter ab als „10 v“.

5 DISKUSSION

5.1 Fragestellungen und Methode

5.1.1 Sinnhaftigkeit und Zweckmäßigkeit der Fragestellungen

Fragestellung 1) der Versuchsstufe 1: *„Erkennen Vögel bestimmte Markierungen zur Sichtbarmachung von Glasscheiben? Zeigt sich unterschiedliche Wirksamkeit verschiedener Markierungen?“* erscheint uns uneingeschränkt sinnvoll, mit der gewählten Methode prüfbar und auch auf das Freiland übertragbar.

Fragestellung 2) der Versuchsstufe 1: *„Erkennen Vögel, die verschiedener Habitatnutzung zugeordnet werden, bestimmte Markierungen in unterschiedlichem Ausmaß? Zeigt sich unterschiedliche Wirksamkeit verschiedener Markierungen für verschiedene Habitatnutzungsgruppen?“* ist deswegen problematisch, da sich die Frage stellt, ob sich alle Vögel unseres Versuchs mit der nötigen Schärfe in vier „Habitatnutzungsgruppen“ (die visuelle und lokomotorische Anpassungen wiedergeben sollen) einteilen lassen. In der Gruppe der „Schilfvögel“ ist es vermutlich nicht sinnvoll, Teich- und Drosselrohr-

sänger einerseits und Rohrammer andererseits in einer Gruppe zusammenzufassen. Allerdings wäre es auch nicht wirklich vertretbar, die Rohrammer wegen ihrer bevorzugten Fortbewegungsweise den Offenlandvögeln zuzuordnen. Sinnvoller wäre es vermutlich nahverwandte, aber in ihren Anpassungen getrennte, Vogelarten auf unterschiedliche Reaktionen unterschiedlicher Glasflächen-Markierungen zu prüfen und daraus allgemeinere Schlüsse zu ziehen. Ein Beispiel wäre der Vergleich von Schilf- und Sumpfrohrsänger bei einem größeren Stichprobenumfang zu jeder einzelnen Markierung. Dazu bedarf es aber größerer Stichproben als sie bisher vorliegen.

Fragestellung der Versuchsstufe 2: *„Unterscheiden Vögel zwischen Markierungen und in welchem Ausmaß?“* ist eine Fragestellung, die für den Vogelschutz relevant sein könnte, wenn sich verschiedene Muster im direkten Vergleich *nicht* in ihrer Wirksamkeit unterscheiden. In diesem Fall wäre es denkbar, auch zwei benachbarte Glasflächen unterschiedlich zu markieren ohne zu riskieren, dass Vögel der einen Markierung ausweichen und an der anderen kollidieren.

Zufällig haben wir jene Markierung als Referenzscheibe gewählt, die in dieser Versuchsstufe tatsächlich besser als jeweils eine der drei anderen abgeschnitten hat. Daraus lässt sich aber nicht ableiten, dass jedes die Muster „Koralle“ und „15 v“ tatsächlich weniger wirksam sind als „10 v“ wenn sie einzeln angewendet werden.

5.1.2 Freilandversuch vs. Volieren- und Tunnelversuch

Der Vorteil der Volierenversuche (z. B. KLEM 1990) und des Tunnelversuchs gegenüber Freilandversuchen (z. B. SCHMID & SIERRA 2000 und ECKMAYER 2001) liegt in der Unabhängigkeit der Zahl beobachteter Kollisionen von Abundanz (Ort und Jahreszeit) und Witterung. Der Vorteil des Tunnelversuchs gegenüber Volierenversuchen ist die Reduzierung unabwägbarer Einflüsse des Tageslichtes (Sonnenstand) und anderer visueller Umgebungsreize.

5.1.3 Ist Licht ein zweckmäßiger Attraktor?

Der Versuchsanordnung liegt die Annahme zu Grunde, dass alle Vogel versuchen werden, aus einem dunklen Raum auf schnellstem Wege zum Tageslicht hin zu flüchten (vgl. 4.1.2). 95,6 % der Versuchsvögel flogen direkt und schnell in Richtung des Tunnelausgangs. 20 Vögel (1,8 %) verweigerten den Flug (möglicherweise als Folge von Stress durch Fang, Beringung und Versuch) und wurden umgehend freigelassen. 7 Vögel (0,6 %) landeten vor dem Netz. 14 Vögel (1,2 %) bremsten vor dem Netz, wo sie sich zwar fingen, doch konnte diese Situation nicht als Entscheidung für einen der beiden „Ausgänge“ gewertet werden. In weiteren 9 Fällen (0,8 %) flogen die Vögel so zögerlich, dass auch hier keine Wertung möglich erschien. Dieses Bild legt den Schluss nahe, dass das Licht „am Ende des Tunnels“ ein entscheidender und wirksamer Auslöser für die Flugbereitschaft der Vögel ist.

5.1.4 Panische Flucht oder klare Entscheidung?

Es musste gewährleistet sein, dass die Vögel nicht in der Panik der Flucht „irgendwo hin“ flogen und keine interpretierbare Entscheidung trafen. Dem sollte eine genügend lange Flugstrecke bis zum Zeitpunkt der Entscheidung entgegenwirken. KLEM (1990) wählte in einer (Tageslicht-) Voliere eine Länge

von 3.60 m. Nach Rücksprache mit H. W. LEY wählten wir eine Flugstrecke von 7.00 m. Die Videoauswertungen zeigen Richtungsänderungen auf den Flugstrecken, die wir als Orientierung, visuelle Erfassung der Situation und reagierende Entscheidung interpretieren. Wir nehmen daher an, dass die gewählte Länge des Tunnels ausreichte, um den Vögeln eine Entscheidung für den günstigeren Fluchtweg zu ermöglichen.

5.1.5 Referenzscheibe oder offener Fluchtweg?

KLEM (1990) wählte in seinen Volieren-Experimenten eine freie Durchflugsöffnung als Referenz, „*the other half was obstructed by clear glass or various objects...*“. Er sagt weiter: „...*to prevent accidental collision injuries to subjects in subsequent experiments, objects were hung on the obstructed side with clear monofilament line...*“. Offenbar hat KLEM für einige Volieren-Versuche markiertes Glas (Falke, Virginia-Uhu) und Blinklichter ohne Sicherheitseinrichtung verwendet und die 2,5 cm – „cloth-strips“ zum Schutz der Vögel ohne Glasflächen untersucht.

KOLMER (1998) verwendete bei seinen Volierenversuchen, sofern wir die Beschreibung seiner Anordnung richtig interpretieren, als Referenz zu markierten Versuchsscheiben die Möglichkeit des freien Durchflugs. Nur die Versuchsscheibe war mit einem Netz verhängt, die Durchflugsmöglichkeit war ungehindert gegeben. Beim Referenzversuch mit 20 Vögeln durchflog kein einziger Vogel die freie Durchflugsöffnung. 13 Vögel schlugen auf die durch ein Japannetz gesicherte Scheibe auf, zwei setzten sich vor die Scheibe (Unwirksamkeit des Netzes?) und fünf Vögel flogen nicht. KOLMER schließt aus nicht nachzuvollziehenden Gründen aus diesem Kontrollversuch auf „die grundsätzliche Effizienz der Versuchsanordnung“.

Es wäre möglich gewesen in den Versuchen der Versuchsstufe 1 als Referenz statt einer durchsichtigen Fensterscheibe eine freie Öffnung anzubieten. Für unsere Fragestellung war es wichtig möglichst wenige (unerkannte) Variablen wie Wind, Akustik, etc. ins Spiel zu bringen, so dass wir uns dafür entschieden, beide Seiten der Versuchsanordnung mit Gläsern zu besetzen (markiert bzw. unmarkiert) und die Gläser durch ein visuell kaum wahrnehmbares und im schlechtesten Fall für beide Seiten visuell gleichartig wirkendes, durchgängiges Japannetz im Abstand von 40 cm zu den Scheiben zu sichern.

5.1.6 Häufigkeit der Wechsel der Versuchsscheiben

Die Verteilung der unterschiedlichen Scheibenanordnungen über den Tag kann auf den Versuch Einfluss nehmen. Es wurde sowohl diskutiert, nach jedem Versuch die Scheiben zu tauschen als auch erwogen wurde, die Intervalle zwischen den Wechseln höher anzusetzen. Dies hätte im ersten Fall hohen Aufwand, erhöhtes Risiko von Glasbruch und erhöhtes Risiko von Protokollierungsfehlern bedeutet. Der zweite Fall hätte zu erheblicheren Ungleichverteilungen verschiedener Kombinationen gegenüber (erkennbaren oder auch nicht erkennbaren) Störgrößen führen können. Auch ein Plan zur zufallsverteilten Positionierung der Versuchsscheiben hätte Risiken der Ungleichverteilung in sich tragen können, da die Frequenz der Versuchsflüge je Zeitintervall nicht vorausgesagt werden konnte.

Wir haben uns für Intervalle von jeweils fünf Versuchen zwischen jedem Wechsel der Anordnung der Scheiben entschieden und sind nicht planmäßig zufallsverteilt vorgegangen, was die Versuchsbewicklung vereinfacht hat und offensichtlich nicht zu messbaren Fehlern geführt hat. Dafür spricht die Gleichverteilung der Anflüge in den sensiblen Morgenstunden (vgl. Tab. 4).

5.1.7 Beeinflusst das Japannetz den Versuch?

Einflüsse durch das Japannetz können nicht ganz ausgeschlossen werden. Theoretisch wäre es möglich, dass bei der Untersuchung der Markierung „Raster“ in Versuchsstufe 1 das Netz in geringem Maße durch Verdeckung oder Interferenzen den Versuch beeinflusst. Allerdings beträgt die „Maschenweite“ des „Rasters“ 1 cm und die Linienstärke 1 mm während die Maschenweite des Netzes 1,6 cm und die Fadenstärke 0,1 mm beträgt und zudem die Maschen des Netzes schräg verlaufen. Interferenz- oder ähnliche Effekte konnten nicht geprüft werden.

Anders gelagert wäre die Problematik im Freilandversuch. In Folge besserer Sichtbarkeit gehen im Freiland die Fangerfolge bei Wind stark zurück. ECKMAYER (2001) führt dies in der Methodenbeschreibung zu ihrer Untersuchung an, und es wäre zu diskutieren, ob Daten aus Fängen bei Wind nicht zu eliminieren wären. Im Tunnel ist der Faktor Wind ausgeschaltet.

5.1.8 Abundanz, Fang und Kollision

Obwohl die jährlichen Kollisionsraten von Vögeln absolut gesehen hohe Zahlen annehmen, ist die „Wartezeit“ (bezogen auf Kollisionen im Freilandversuch) relativ lang. Wie KLEM (1989) darstellt ist die Zahl der Kollisionen von Vögeln streng korreliert mit der Dichte der Vögel in einem Gebiet. SCHMID & SIERRA (2000) konnten in sieben Monaten bei 180 Plexiglasscheiben entlang der Simplon Nationalstraße (Kanton Wallis, Schweiz) mit knapp 940 m² Glasfläche Daten von 156 (sicheren³) Kollisionen gewinnen, was 0,08 Kollisionen pro m² in 100 Tagen entspricht. ECKMEYER (2001) erzielte bei ihrem Freilandversuch mit 12 m² teilweise markierter Glasflächen am vorgespannten 13 m² messenden Japannetz an 84 Tagen im Zeitraum Oktober bis Jänner auf der Außenterrasse des Institutes für Zoologie der Universität Wien 135 auswertbare Anflüge an die Versuchsscheiben. Dies entspricht 12,3 Kollisionen pro m² in 100 Tagen.

Für die vorliegende Studie wurden an 24 Versuchstagen mit 360 m² Netz 1.021 Vögel gefangen, ein Fangerfolg von 11,8 Vögeln pro m² und 100 Tagen. Pro m² Versuchsscheiben wären somit in 100 Tagen mehr als 4.250 Versuche möglich gewesen. Der Vorteil der großen Netzfläche reduziert auf 1 m² leicht bedienbarer Glasscheibe ist offensichtlich.

5.1.9 Stichprobengrößen

Nach Durchsicht der verfügbaren Literatur erschienen uns die Stichprobengrößen der bisher durchgeführten experimentellen Untersuchungen zum Vergleich verschiedener Glasflächen-Markierungen

³ Bei diesem Versuch wurde wegen des schnellen Verschwindens der Kadaver vorrangig nach Kollisionsspuren an den Scheiben gesucht.

unter mehr oder weniger kontrollierten Bedingungen großteils als sehr gering und statistisch kaum absicherbar. Die Experimente von KLEM (1990) bei Stichprobengrößen von $n = 4$ bzw. $n = 5$ liefern deshalb nur bei 100-prozentiger Vermeidung einer Markierung signifikante Ergebnisse (Binomial-Test, $P < 0,05$). KOLMER (1998), der zwischen 1 und 13 Flügen pro Versuchsmarkierung (Mittel: 6,35) auswerten konnte, vermeidet jegliche statistische Prüfung seiner Ergebnisse. Der Stichprobenumfang von SCHMID & SIERRA (2000) erlaubt einen statistischen Vergleich von markierten Scheiben mit nicht markierten Scheiben, nicht aber einen Vergleich der Wirksamkeit der Markierungen untereinander. ECKMEYER (2001) dokumentiert ihre Ergebnisse als Aneinanderreihung von Chi²-Tests, wobei die große Zahl sehr geringer Zelhäufigkeiten in den Kontingenztafeln (verschiedene Konstellationen gleichzeitig angeordneter Versuchs- und Referenzflächen) streng genommen andere Testverfahren verlangen würde.

Versuchsstufe 1 der vorliegenden Studie erlaubt bei einer gemeinsamen Betrachtung aller Vögel sehr gut abgesicherte Aussagen darüber, dass ein Muster („Raster“) unwirksam und ein Muster („10 h“) signifikant schlechter als die anderen untersuchten Markierungen ist. Die Stichprobe ist aber zu gering, um detailliertere statistisch abgesicherte Aussagen über die verbleibenden vier Muster treffen zu können. Nach Aufteilung aller Vögel in vier Gruppen ist es bis auf eine Ausnahme nicht mehr möglich statistisch zu testen, ob Vögel verschiedener Habitatnutzung unterschiedlich auf jeweils eines der sechs Muster reagieren. Bei Versuchsstufe 2 zum direkten Vergleich von einem Muster mit drei anderen ist die Stichprobe ausreichend um gut abgesicherte Aussagen zu treffen.

5.1.10 Artengefüge

KLEM (1989) erwähnt 225 Vogelarten aus 42 Familien von denen Scheibenanflüge bekannt geworden sind. Auch unsere zufälligen Funde von Vögeln, die durch Glasscheibenkollisionen ums Leben kamen, schließen Überraschungen wie z. B. Flussuferläufer *Actitis hypoleucos* (Wien Westausfahrt), Eisvogel *Alcedo atthis* (Hohenau Bahnhof) und Gartenbaumläufer *Certhia brachydactyla* (Wien Penzing) ein. Das Artengefüge der Versuchsvögel entspricht nicht jenem des Siedlungsraumes, enthält jedoch viele Arten, die im „stark verglasten“ Siedlungsraum auftreten. Wir konnten darüber hinaus keine signifikanten Hinweise darauf finden, dass sich das Kollisionsverhalten z. B. der Schilfvogel (in deren Lebensräumen Glasscheiben seltener zu erwarten sind) sich von dem der Gehölzvogel unterscheidet (vgl. 5.2.6).

5.2 Diskussion der Ergebnisse

5.2.1 Vorbemerkungen

KLEM (1989) stellt klar, dass es gegenüber Kollisionen mit Glasscheiben keine „exklusive Empfindlichkeit“ gibt. Die Häufigkeit von (letalen) Kollisionen könne von folgenden Faktoren abhängen:

KLEM unterscheidet

- Vogel-bezogene Faktoren: Dichte vorkommender Vögel, Gewöhnung an anthropogene Strukturen, Jagd und Flucht, Desorientierung in Zusammenhang mit künstlichen Lichtquellen.
- Glasflächen-bezogene Faktoren: Glasflächentyp (durchscheinend und reflektierend), Größe, Höhe der Anbringung (Boden und >3m), Umgebung (suburban und ländlich – siehe Dichte), Nähe zu Anziehungspunkten (Futterhäuschen, Obstbäume und Sträucher, Vogeltränken, Nist- und Ansitzplätze und Stellen zum Schutz vor schlechter Witterung).
- Umwelt-Faktoren: Jahreszeit, Tageszeit, Wetter.

„...Considering the importance of single factors is a means of dealing with a complex problem, and knowing the importance of a single factor can help assess and suggest measures to reduce or eliminate strikes at a particular site.” (KLEM 1989)

In der vorliegenden Studie wurde die Versuchsanordnung so gewählt, dass von den exogenen Faktoren her möglichst *nur* die Erkennbarkeit einer Markierung zur Sichtbarmachung von Glasflächen wirksam wurde. Auch Tageszeit und Sonnenstand zeigten in Folge der Tunnelsituation und der Beschattung des Raumes vor dem Tunnel keinen Einfluss (Tab. 4).

Ziel war, den Versuch unter weitgehend kontrollierten und idealen Bedingungen durchzuführen. Wesentlich erschienen:

- strikte Orientierung des Tunnels / der Flugachse nach Norden,
- kontinuierliche Wechsel der Markierungstypen,
- kontinuierliche Wechsel der Links-Rechts-Position von Versuchs- und Referenzscheibe.

Das Gesamtergebnis von 427 Anflügen links und 430 Anflügen rechts (vgl. 4.1.2) weist darauf hin, dass es über den Zeitraum der Versuchsdurchführung zu keinen übergeordneten, langfristig wirksamen systematischen Beeinträchtigungen der Versuche gekommen ist.

5.2.2 Unwirksamkeit des Rasters

Die Ergebnisse zeigen, dass die Markierung „Raster“ unwirksam ist. 52,7 % der 93 Versuchsvögel kollidierten mit dem Raster und nicht mit der unmarkierten durchsichtigen Glasfläche.

Dies bestätigt das Ergebnis von ECKMAYER (2001). Es war uns wichtig, ECKMAYERS Resultate nochmals zu prüfen, da es sich bei 9 ihrer 15 Kontakte um Situationen handelte, bei denen der Vogel vor dem Netz umkehrte, dies aber dennoch als potenzielle Kollision gewertet wurde. Bei keiner der anderen geprüften Markierungen trat dies in annähernd ähnlicher Häufigkeit auf. Somit schlossen wir nicht aus, dass diese Markierung auch besonders abschreckend wirken könnte.

Die Markierung „Raster“ hat einen Bedeckungsgrad von 16,0 %. Das ist fast gleichwertig mit dem Bedeckungsgrad der Markierungen „10 v“ und „10 h“, höher als bei „15 v“ und „Koralle“ (vgl. Tab. 1). Alle diese Markierungen schneiden deutlich besser ab.

Der von uns untersuchte „Raster“ hat eine Linienstärke von 1 mm, und es liegt nahe, ECKMAYER im zweiten Punkt ihrer Erklärung zu folgen, in dem sie die Linienstärke (für die Sehschärfe der anfliegenden Vögel) als zu gering erachtet. Letztlich können auch Interferenzen zwischen den Japannetzen (0,1 mm Fadenstärke) und dem feinen Raster nicht ganz ausgeschlossen werden, obwohl wir das nicht für bedeutend und kollisionsverstärkend erachten (vgl. 5.1.7). Es besteht im Versuch keine Möglichkeit dies zu überprüfen.

Die Volierenversuche von KLEM (1990) basieren auf sehr geringen Stichproben und es lassen sich davon ausgehend höchstens spekulative Überlegungen anstellen. KLEM untersuchte mit einer „Linienstärke“ („white cloth strips“) von 2,5 cm Raster, vertikale Streifen und horizontale Streifen. Bei vertikalen Streifen im Abstand von 10 cm und bei Rastern mit 8 cm Abstand der vertikalen Streifen hatte er signifikante Ergebnisse (5 Vermeidungen bei 5 Versuchen). Raster mit 10 cm Abstand der vertikalen Streifen verursachten 1 „Kollision“ und 3 Vermeidungen bei 4 Versuchen. Diese Versuche könnten ein Hinweis darauf sein, dass horizontale Komponenten eventuell die Wirkung von vertikalen Streifen tendenziell abschwächen. Diesbezügliche weiterführende Versuche könnten Auswirkungen auf Empfehlungen für die Beschaffenheit von Markierungen haben.

5.2.3 Horizontale Streifen sind weniger wirksam

Die Ergebnisse zeigen, dass die Markierung „10 h“ weniger wirksam ist als die vertikalen Markierungen und das nicht-geometrische Muster „Koralle“. 21,6 % der 88 Versuchsvögel kollidierten mit der Markierung „10 h“ und nicht mit der unmarkierten durchsichtigen Glasfläche.

Damit bestätigen sich die Ergebnisse von KLEM (1990) und sind bei einer Stichprobe von $n = 88$ nun besser abgesichert (s. 5.2.4).

5.2.4 Wirksamkeit vertikaler Streifen ist hoch, Unterschiede sind gering

Die Ergebnisse zeigen, dass die Wirksamkeit vertikaler Streifen signifikant besser ist als die von horizontalen. Zwischen den einzelnen vertikalen Markierungen kann bei kritischer statistischer Prüfung anhand unserer Stichprobe nicht unterschieden werden. Ein Vergleich der Markierungen „10 v“ mit „15 v“ zeigt allerdings einen Trend, der höhere Wirksamkeit für „10 v“ erwarten lässt. Für die Praxis bedeutet dies, dass nicht ohne weitere Prüfungen empfohlen werden sollte, den Streifenabstand mit 15 cm zu empfehlen.

SCHMID & SIERRA (2000) gingen für ihren Freilandversuch davon aus, dass vertikale Strukturen wirksamer sind als horizontale. Während KLEM (1990) signifikante Ergebnisse zur Vermeidung von vertikalen Streifen in 10 cm Abstand erhielt (4 Vermeidungen bei 4 Versuchen), „kollidierten“ 3 von 5 Vögeln bei horizontalen Streifen im Abstand von 10 cm; signifikante Ergebnisse zur Vermeidung erhielt er bei 5 cm Abstand der horizontalen Streifen (4 Vermeidungen bei 4 Versuchen).

Interessant ist, dass die gefundenen Werte sowohl bei KLEM als auch bei SCHMID & SIERRO als auch in unserem Versuch stark auf die hohe Wirksamkeit von 10 cm Streifenabstand hinweisen, während sowohl bei den genannten Autoren als auch in unserer Untersuchung die Werte für geringere Streifenabstände tendenziell leicht erhöht sein könnten (vgl. Tab. 5). In keinem der Fälle sind die Werte nur annähernd statistisch verifizierbar, doch sollte die Geschlossenheit dieses Hinweises nicht übersehen werden.

5.2.5 Markierung „Koralle“ ist ebenso wirkungsvoll wie vertikale Streifen

Die Wirkungsweise der Markierung „Koralle“ ist schwer zu definieren, da es sich um ein nicht-geometrisches Muster mit unregelmäßig verteilten Deckungsgraden handelt. Der Gesamtdeckungsgrad ist mit ca. 13 % geringer als jener von „10 v“ (16,7 %) aber höher als jener von „15 v“ (11,8 %). Die Markierung ist leicht transparent, lässt also mehr Licht durch als die Klebebänder der Markierungen „10 v“ und „15 v“. Dennoch ist die Markierung ebenso wirkungsvoll wie die vertikalen Streifen.

Unregelmäßige Markierungen sind für derartige Untersuchungen ungünstig, da die entscheidenden Komponenten schwer zu finden sind. „Koralle“ hat sicher einen höheren vertikalen als horizontalen Anteil, weshalb eine Drehung um 90° interessante Vergleichsergebnisse erbringen könnte. Die „Linienstärke“ ist wesentlich höher als bei den anderen getesteten Mustern, weshalb eine Verringerung dieser Komponente bei gleichem Deckungsgrad interessant sein könnte. Weiters könnte die Transparenz verringert werden. Bei Besuchern an der Station herrschte entschieden mehr Akzeptanz und Sympathie für diese Art der Sichtbarmachung von Glas als für die anderen Markierungen.

5.2.6 Untersuchung der Vögel nach Gruppen ist vorerst problematisch

Aus bereits angeführten Gründen (z. B. Möglichkeiten der Abgrenzung) hat die Auswertung nach Gruppen keine Unterschiede erbracht. Bei einer erhöhten Anzahl von Versuchen könnte es aber möglich sein, ausreichend Daten über verschiedene Arten zu bekommen und davon ausgehend allgemeine Schlüsse auf damit in Zusammenhang stehende Unterschiede in der Wirksamkeit verschiedener Markierungen zu ziehen. Eventuell wäre es möglich für Gebiete, in denen mit besonderen Häufigkeiten bestimmter Vögel gerechnet wird, die Form der Sichtbarmachung von Glas zu optimieren.

5.2.7 Im direkten Vergleich mit anderen Markierungen vermeiden Vögel tendenziell „10 v“

Wenn Vögel bei zwei gleichzeitig anwesenden Markierungen (einerseits „10 v“, andererseits „Koralle“, „15 v“ oder „10 h“) eine von beiden meiden können, entscheiden sie sich signifikant häufiger zur Vermeidung von „10 v“. Dieser Fall sollte in der Anwendungspraxis nicht auftreten und Vorsicht bei Mischungen von Markierungen ist angebracht. Nur im Falle einer Gleichverteilung von „Kollisionen“ zwischen zwei oder mehreren in dieser Anordnung getesteten Markierungen wäre es möglich gewesen, auch zwei unterschiedliche Markierungen nebeneinander im Freiland zu empfehlen. So ist aber davon abzuraten.

5.2.8 Weiterführende Fragestellungen

In der Diskussion sind einige Fragestellungen zu Streifenmustern angeklungen, die eventuell weiterverfolgt werden sollten:

- Ist ein Abstand von vertikalen Linien im Abstand von 10 cm am wirksamsten und sollte sowohl von geringeren als auch größeren Abständen abgeraten werden?
- Wo liegt die kritische Linienstärke der Markierung?
- Wo liegt die kritische Transparenz der Markierung?
- Können horizontale Komponenten von Markierungen die Wirkung der vertikalen tendenziell abschwächen (Rasterproblem)?
- Reagieren nahe verwandte Arten unterschiedlicher Anpassung verschieden ausgeprägt auf einen jeweiligen Markierungstyp?

Über die Fragestellungen der vorliegenden Untersuchung hinaus sollte auch die flächige Herabsetzung der Transparenz von Glasflächen untersucht werden.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Im Zeitraum 2. Juli bis 9. August 2004 wurde eine experimentelle Studie zur Wirksamkeit von Markierungen von Glasflächen zur Vermeidung von Vogelanprall erstmalig mit hohem Stichprobenumfang durchgeführt. In einem 7.50 m langen Versuchstunnel konnte das Verhalten von 1.021 Vögeln, die an der Beringungsstation Hohenau-Ringelsdorf mit Japannetzen gefangen wurden, untersucht werden.

Tageslicht erreichte das Innere des Tunnels ausschließlich durch Glasscheiben (Gesamtfläche 1 m²) am nördlichen Ende der im Freiland befindlichen Versuchsanlage. Das Licht wirkte als Attraktor für die am südlichen Ende des Tunnels freigelassenen Vögel. Ein Einfluss der Tageszeit (Sonnenstand) als Störgröße konnte ausgeschlossen werden.

In 528 Wahlversuchen mit zwei nebeneinander befindlichen Glasscheiben, von denen eine markiert und die andere unmarkiert war, konnte durch Auswertung mit statistischen Methoden gezeigt werden, dass eines der untersuchten Muster unwirksam und ein weiteres signifikant schlechter wirksam ist als die vier anderen.

Unwirksam ist ein Raster-Muster („Raster“) mit 1 mm Linienstärke und 11 mm Zwischenabstand.

Signifikant schlechter als die anderen untersuchten Markierungen wirkt ein Muster mit 2 cm breiten horizontalen Streifen mit Zwischenabständen von 10 cm („10 h“).

Zwischen drei Markierungen mit vertikal verlaufenden Streifen in unterschiedlichen Abständen (1,3 cm – „1,3 v“, 10 cm – „10 v“ und 15 cm – „15 v“) zeigen sich keine signifikanten Unterschiede.

Ebenso wirksam wie vertikale Linien ist im Tunnelversuch ein nicht-geometrisches korallenförmiges Muster („Koralle“).

Eine Klassifizierung der Versuchsvögel in optisch-lokomotorische Gruppen orientiert an ihren bevorzugten Lebensräumen zeigt vorläufig keine Unterschiede von Gruppe zu Gruppe in der Wirksamkeit der Gesamtheit der Markierungen. Unterschiedliche Wirksamkeit der Markierungen innerhalb der Gruppen konnte auf Grund geringer Zelhäufigkeiten nicht mehr geprüft werden.

In 197 Wahlversuchen wurden jeweils zwei Markierungen verglichen (Referenzmarkierung "10 v", Vergleichsmarkierungen "Koralle", "15 v", "10 h"). In allen Fällen zeigt sich, dass "10 v" signifikant weniger „Kollisionen“ verursacht.

Einige der Befunde unserer Studie zeichnen sich bereits in früheren experimentellen Untersuchungen ab (z. B. KLEM 1990, SCHMID & SIERRA 2000, ECKMAYER 2001) und lassen sich nun erstmals auf Basis einer großen Stichprobe absichern.

Im Hinblick auf weiterführende Fragestellungen wird auf Hinweise aus älteren Studien Bezug genommen, die sowohl größere als auch kleinere Abstände als 10 cm zwischen vertikalen Streifen als weniger wirksam erscheinen lassen. Weiters könnte das "Rasterproblem" eventuell bedeuten, dass horizontale Komponenten in Markierungen von Glasflächen die Wirkung vertikaler Komponenten tendenziell abschwächen. Über kritische Linienstärken und kritische Transparenz von Markierungen bestehen noch Wissensdefizite ebenso wie über die Wirksamkeit flächiger Herabsetzung der Transparenz. Aus weiteren Versuchen mit gut verfügbaren Arten, die verwandtschaftlich einander nahe stehen aber ökologisch getrennt sind, könnten sich eventuell Erkenntnisse ableiten lassen, die lebensraumspezifische Abstimmungen von Mustern erlauben.

7 DANK

Herzlichen Dank allen involvierten MitarbeiterInnen:

Tunnelkonstruktion: Roman Schuster, Rainhard Brandstetter, Barbara Pitschmann, Regina Riegler, Josef Schimkowitsch, Ronald Wegerer, Adolf Sukup

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

Statistik: Erwin Nemeth

Fotos: Rainhard Brandstetter, Wilfried Doppler, Yoko Muraoka

Kritische Durchsicht des Berichts und wesentliche Impulse: Christoph Schauer, Lidia Brandstätter

8 LITERATUR

Bortz, J. (1993): Statistik für Sozialwissenschaftler. Springer-Verlag, New York. 753 pp.

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

Klem, D. Jr. (1989): Bird–Window–Collisions. Wilson Bull. 101: 606 – 620.

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. (1998): Die Bedeutung von Chenopodiengewässern für wandernde Singvögel – untersucht am Beispiel der Absetzbecken der Zuckerfabrik Hohenau (NÖ) im Jahr 1994. Diplomarb. Univ. Bodenkultur, Wien. 99 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.

Zuna-Kratky, T. (2004): Projekt Lebensraumerhaltung und Monitoring des Vogelschutzgebietes „Absetzbecken Hohenau-Ringelsdorf“. AURING – Biologische Station Hohenau-Ringelsdorf. 20 pp.