

# **Vermeidung von Vogelanzprall an Glasflächen**

**Schwarze Punkte**

**Schwarz-orange Markierungen**

**Eckelt 4Bird®**

**Evonik Soundstop® XT BirdGuard**

**Martin Rössler**

Biologische Station Hohenau-Ringelsdorf

Wien, Februar 2010

im Auftrag der Wiener Umweltschutzbehörde,

Eckelt Glas Ges.m.b.H., Steyr

und Evonik Industries, Gramatneusiedl

# INHALT

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b> .....	<b>4</b>
1.1	Gegenstand des Berichtes.....	4
1.2	Angestrebte Wirksamkeit: 10%-Kriterium .....	5
1.3	Kategorien A-D.....	5
<b>2</b>	<b>METHODE</b> .....	<b>6</b>
2.1	Wahlversuch im Flugtunnel .....	6
2.2	Flugtunnel II .....	7
2.3	Messung der Lichtverhältnisse während der Versuche.....	7
2.4	Untersuchte Markierungen 2009 .....	7
2.4.1	Vorstellung der Kandidaten.....	8
2.5	Untersuchungszeitraum.....	10
2.6	Tageszeit und Lichtverhältnisse bei den Versuchen.....	10
2.6.1	Tageszeit .....	10
2.6.2	Globalstrahlung.....	11
2.6.3	Lichtintensität hinter den Versuchsscheiben.....	12
2.7	Versuchsvogel .....	13
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE</b> .....	<b>14</b>
3.1	Überblick über das Datenmaterial.....	14
3.2	Prüfung auf Gleichverteilung der Anordnung der Prüfscheiben.....	14
3.3	Prüfung auf Gleichverteilung der Anflüge.....	15
3.4	Versuchsergebnisse.....	16
3.5	Versuchsergebnisse unter Berücksichtigung der Lichtverhältnisse.....	17
3.6	Bewertung der geprüften Markierungen nach Kategorien A-D .....	17

<b>4</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1</b>	<b>Integrität der Untersuchung.....</b>	<b>18</b>
<b>4.2</b>	<b>Versuchsergebnisse.....</b>	<b>18</b>
4.2.1	Vergleich neuerer und älterer Versuche mit Kreisen, Quadraten und feinen Rastern .....	19
4.2.2	Schwarz-orange Linien nicht besser als einfarbig Orange.....	20
4.2.3	Aufgedruckte schwarze Linien sind bedingt geeignet aber weniger wirksam als Soundstop® CC.....	21
4.2.4	Horizontale und vertikale schwarze feine Streifen werden vor Staudenvegetation unterschiedlich gut wahrgenommen .....	22
<b>4.3</b>	<b>Aktualisierte Empfehlungen .....</b>	<b>23</b>
4.3.1	Uneingeschränkte Empfehlung.....	23
4.3.2	Bedingte Empfehlung.....	23
4.3.3	Wenig geeignet.....	23
<b>4.4</b>	<b>Hinweise zur gestalterischen Weiterentwicklung der Prototypen.....</b>	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>LITERATUR .....</b>	<b>25</b>

# 1 EINLEITUNG

## 1.1 Gegenstand des Berichtes

Gegenstand dieses fünften Jahresberichtes zur Entwicklung wirksamer Maßnahmen gegen Kollisionen von Vögeln mit Glas sind Untersuchungen über die Wirkung kleiner Kreisflächen (Punkte) in unterschiedlicher Anordnung, Verteilungsdichte und Farbkombination. Weiters werden ein Design mit schwarz-orangen Balken und zwei Designs mit dünnen schwarzen Linien untersucht.

Ausgangspunkt für die Untersuchung schwarzer Punkte sind Reaktionen auf die Broschüre „Vogelfreundliches Bauen mit Glas und Licht“ (Schmid et al. 2008) und das bei einer Veranstaltung der Wiener Umwelthanwaltschaft im April 2009 (Fiby 2009) spürbare Interesse von Architekten und Designern an Gestaltungsentwürfen mit hoher Dichte kleiner Musterelemente, ornamentalen Gestaltungen, etc.. Auf Grund einiger Indizien und Befunde aus vergangenen Untersuchungen konnte nicht ausgeschlossen werden, dass zu viele zu kleine Musterelemente ein geringeres Meideverhalten auslösen könnten und daher ein hoher Grad der Bedeckung kontraproduktiv sein könnte. Daher sollten hohe Elementedichten sparsamen Anordnungen gleichartiger Elemente gegenübergestellt werden.

Wir können derzeit für die Hinderniserkennung unter den möglichen achromatischen, chromatischen und strukturellen Kontrasten noch keine hauptverantwortliche Komponente nennen und gehen eher von der Notwendigkeit einer Kombination dieser Variablen aus, welche in den unterschiedlichen Situationen (tages- und jahreszeitlich beeinflusstes Lichtregime, Panik und schnelle Bewegung), in denen sich Vögel zum Zeitpunkt einer Begegnung mit einer markierten Glasscheibe befinden können, sowohl sensorische als auch kognitive Mechanismen in einem möglichst breiten Wirkungsspektrum anspricht. Inspiriert von Aposematismus als Handlungsanleitung und der Kombination: Nichtreflektieren von Umweltlicht durch Schwarz und hoher chromatischer Kontrast von Orange zum natürlichen (grün-gelb-braun-blauen) Hintergrund werden schwarz-orange Markierungen geprüft. Eine schwarz-orange Kombination sollte in ihrer Effizienz universeller wirksam sein und in der Summe der Tests besser abschneiden als eine monochrome Markierung.

Neben dem Plot mit kleinen Kreisen werden drei Linienmarkierungen geprüft, eine im Kontext: schwarz-orange und zwei im Kontext: Soundstop®, der bewährten Markierung mit schmalen schwarzen Linien. Eine weitere Hypothese, die wir zumindest im Ansatz prüfen wollen, betrifft die Struktur der Kontraste. Wir erwarten, dass klare monochrome Linien oder Punktkolonnen besser abschneiden als Markierungen, in denen die Farben ineinandergreifen. Somit ergeben sich einige interessante Fragen für die Experimente des laufenden Jahres, deren Ergebnisse in Design-inspirierte Vogelschutzglas-Gestaltung Eingang finden können.

Im Zeitraum 2008/2009 entstand eine Berichtslücke. 2008 wurden Probanden ausschließlich im Auftrag der Industrie untersucht. Verschiedene Überlegungen und der Wunsch eines Auftraggebers führten dazu, dass 2008 nur interne Berichte für die Auftraggeber erstellt wurden. Somit schließt der vorliegende Bericht an Rössler und Laube (2008) an.

## 1.2 Angestrebte Wirksamkeit: 10%-Kriterium

Wie wirksam ist wirksam genug? Mit der starken Zunahme von Glas in fast allen von Menschen und Vögeln genutzten Lebensräumen muss danach getrachtet werden, bessere und wesentlich bessere Lösungen zu finden, als solche, deren Wirksamkeit gerade noch nachweisbar ist. Es muss also beurteilt werden können, ob eine bestimmte Markierung zu den best möglichen Markierungen gehört oder nicht. In Wahlversuchen im Flugtunnel können unter kontrollierten Bedingungen Wahrnehmbarkeit von Markierungen und durch Markierungen ausgelöstes Meideverhalten von Vögeln geprüft werden. Die seit 2004 laufenden Hohenauer Experimente machen deutlich, dass Ergebnisse von 9:1 (10% fliegen zur markierten Scheibe, während 90% dieser ausweichen) oder 19:1 (5% zur markierten Scheibe) im Wahlversuch schon bei Anteilen von 5 – 10 % bedruckter Fläche möglich sind. In Rössler & Laube (2008) wurde daher empfohlen, das Verhältnis 9:1 als realistisches und vertretbares Ziel für eine vertretbare Risikokompensation heranzuziehen. Dieses vorläufig als „10%-Kriterium“ vorgestellte Konzept wurde z.B. auf der Fachtagung Wiener Umwelthanwaltschaft im Februar 2008 unter den derzeit im deutschsprachigen Raum mit der Problematik am intensivsten befassten Ornithologen als Richtwert für „Vogelschutzglas“ anerkannt. (Fiby 2008).

## 1.3 Kategorien A-D

Derzeit gibt es keine gesetzliche Regelung zur Vermeidung von Vogelanzprall an Glas. Auftraggeber sind in der Regel frei in ihrer Wahl zwischen Vogelschutz und Vogelfalle, Wirksamkeit und Alibi. Um Planern, Architekten, Bauauftraggebern etc. ein Beurteilungswerkzeug in die Hand zu geben, wurde eine Kategorisierung für geprüfte Markierungen (Anzahl der Versuche  $n \geq 80$ ) vorgeschlagen. Unter Berücksichtigung der statistischen Unschärfen, in denen sich die Versuchsergebnisse bewegen, ist eine Unterteilung in (A) hoch wirksame, (B) bedingt geeignete, (C) wenig geeignete und (D) unwirksame Markierungen zweckmäßig. Dieses Schema wurde auf der Konferenz der AOU (American Ornithologists Union) erstmals präsentiert (Sheppard & Rössler 2009). Der Begriff „Vogelschutzglas“ sollte künftig nur für Markierungen gelten, die den Limits der Kategorie A entsprechen. Markierungen der Kategorie B stellen Kompromisse dar, die in manchen Fällen als Lösungen akzeptiert werden können, z.B., wo die Vogelaktivität gering ist und keine hoch wirksamen Maßnahmen notwendig macht. Anwendungen der Kategorie C sind angesichts drastischer Zunahmen gläserner Fallen kein ausreichender Beitrag zur Lösung des Problems, da sie das Unfallrisiko in einem nicht ausreichenden Maß reduzieren.

Tabelle 1: Abstufung der Wirksamkeit von Markierungen durch Ergebnisse im Wahlversuch (Anzahl der Einzelprüfungen  $n \geq 80$ ) und Kategorisierung der Eignung für den Vogelschutz.

Kategorie	Wirksamkeit und Eignung als Vogelschutzglas	Wahlversuch – Anflüge gegen markierte Scheibe
<b>A</b>	„Vogelschutzglas“, hoch wirksam	$\leq 10\%$
<b>B</b>	bedingt geeignet	10 – 20%
<b>C</b>	wenig geeignet	20 – 45%
<b>D</b>	unwirksam	$> 45\%$

## 2 METHODE

Die Untersuchungsmethode wurde in Rössler et al. (2007) ausführlich beschrieben. In den Abschnitten 2.1 bis 2.3 wird sie nochmals zusammengefasst dargestellt.

### 2.1 Wahlversuch im Flugtunnel

Das Hohenauer Konzept von 2004 basiert auf Synergien mit der Vogelberingung der Feldstation Hohenau-Ringelsdorf. Die Untersuchung besteht aus Wahlversuchen in einem Flugtunnel. Die gefangenen Vögel werden nach ihrer Beringung einmalig für einen Versuch verwendet und danach unverzüglich freigelassen.

Grundkonzept:

- Tendenz von Vögeln aus einem dunklen Raum ins Licht zu fliegen (Attraktor Licht)
- Hohe Effizienz bei Kombination aus Netzfang (360m<sup>2</sup> Japannetz) und Versuchen auf 1m<sup>2</sup> Glasfläche (auswechselbare Versuchsscheiben)
- Begrenzte Zahl von Variablen, große Stichprobenhäufigkeit, statistisch erfassbare Unterschiede zwischen Markierungen
- Wildvögel, einmalige Versuche
- Keine Kollisionen, keine Todesopfer, Vögel werden von einem Japannetz abgefangen
- Vollständige Videodokumentation aller Versuchsflüge
- Günstiger Untersuchungszeitraum: Juli / August – nach der Brutzeit, stärkstes Vogelaufkommen
- Große Stichproben –  $n \geq 80$

Die Aufeinanderfolge und Anordnung (links oder rechts) der Versuchsscheiben ist zufällig. Die Versuche sind von Kontrollversuchen mit zwei unmarkierten Scheiben begleitet.



Abbildung 1: Der Wahlversuch zeigt, ob die Vögel die markierte Scheibe (rechts) wahrnehmen und von einer unmarkierten Referenzscheibe (links) unterscheiden. Ein Netz 40cm vor den Scheiben verhindert, dass Vögel auf dem Glas aufprallen

## 2.2 Flugtunnel II

Während in den Jahren 2004 und 2005 der Tagesgang der Lichtwirkung nur ungenügend berücksichtigt werden konnte, wurde die Methode im Jahr 2006 mit dem Bau eines neuen Tunnels („Flugtunnel II“, Abb. 2) diesen Erfordernissen angepasst. Die Versuchsanlage verwendet natürliches Sonnenlicht, das mit Hilfe zweier Spiegel symmetrisch, parallel und gleichmäßig auf die Scheiben / Markierungen geleitet wird. Damit dies möglich ist, ist der gesamte Tunnel drehbar gelagert (RÖSSLER ET AL. 2007).



Abbildung 2: Die Versuchsanlage: Flugtunnel II (Länge 9,10m, Flugweg 7,20m ) ist umgeben von einheitlicher Vegetation, die als Attraktor wirkt, wenn Vögel durch den Tunnel vom Start (links) zu den Versuchsscheiben (rechts, vom Tunnel verdeckt) fliegen. Die beiden Spiegel (rechts im Bild) reflektieren Tageslicht symmetrisch, parallel und gleichmäßig auf die Versuchsscheiben. Der Tunnel ist drehbar gelagert, Flugrichtung der Vögel und Richtung des Sonnenlichtes liegen in einer Ebene, das Sonnenlicht kommt immer „von hinten“ (hier von links).

## 2.3 Messung der Lichtverhältnisse während der Versuche

Zur Messung der Strahlung wurden zwei Silicon Photovoltaic Sensoren (Environmental Measurement Systems EMS 11) am Tunnel montiert. Die Pyranometer messen die gesamt einfallende Energie der Strahlung zwischen 400 und 1.100nm. Ein Sensor zur Messung der Globalstrahlung (diffuse Himmelsstrahlung und direkte Sonnenstrahlung) befindet sich etwa 2m über dem Boden, die Messebene ist horizontal. Der zweite Sensor wurde mit vertikal ausgerichteter Messebene an der Rückseite der Scheibenhalterung etwa 2,5m über dem Boden montiert. Mit diesem Sensor wird die Strahlung des Scheibenhintergrundes gemessen, zusammengesetzt aus diffuser Himmelsstrahlung und Reflexion der Vegetation und des Bodens. Die Messintervalle betragen zehn Sekunden, die Messungen werden als Minutenmittelwerte auf einem Datenlogger (EMS Mini Cube) registriert und werden während des Untersuchungszeitraumes wöchentlich abgefragt und auf externem PC gespeichert.

## 2.4 Untersuchte Markierungen 2009

Die in der Broschüre „Vogelfreundliches Bauen mit Glas und Licht“ (Schmid et al. 2008) dargestellten vogelfreundlichen Glasdesigns sind sehr gut zur Bewusstmachung des Problems und als Inspiration geeignet aber sie sind

größten Teils ungeprüft. Da die Darstellungen aber als konkrete Handlungsanweisungen verstanden werden, ergibt sich einiger Nachholbedarf für die experimentelle Prüfung der Vorschläge, um Fehlentwicklungen auszuschließen. Entsprechend der in Kap. 1.1 angestellten Überlegungen hat die Wiener Umwelthanwaltschaft einen Vergleich der Wirksamkeit einer Markierung, die aus flächig regelmäßig angeordneten schwarzen Kreisflächen besteht, mit einer Markierung, die aus vertikalen in kleine schwarze Kreise aufgelösten Linien besteht, beauftragt. Ein weiteres vertikal orientiertes (4Bird®-) Muster der Firma Eckelt übernimmt die Idee der Doppelkolonne, kombiniert aber jeweils eine orange mit einer schwarzen Kreisflächen-Kolonne. Entsprechend den Überlegungen im Einleitungskapitel wurde eine weitere Kombination aus schwarzen und orangen kleinen Elementen (Kreisflächen) von der Biologischen Station Hohenau-Ringelsdorf eingebracht, bei der orange und schwarze Punkteanordnungen ineinander greifen, wobei die bedruckte Fläche erhöht werden musste, um entsprechende Effekte zu erzeugen. Weiters wurde von Eckelt Glas eine Markierung zur Untersuchung beauftragt, die nicht nur theoretische Grundlagen schaffen soll sondern bereits ein konkretes Design darstellt. Diese Markierung besteht aus vertikalen schwarz - orangen Balkenpaaren. Alle bisher genannten Markierungen wurden von Eckelt Glas im Siebdruck hergestellt. Zwei weitere Markierungen kommen von EVONIK Industries. Die Produkte tragen den Namen Bird Guard®. Die Markierungen greifen das große Interesse an einem Soundstop® CC ähnlichen (vgl. Acryl horizontal, Rössler et al. 2007) aber kostengünstigeren Produkt auf, das Vogelschlag wirksam reduziert, aber die kostenintensive Herstellung der crashsicheren Scheibe umgeht, da die meisten Anwendungen auf die speziellen Eigenschaften von Soundstop® CC verzichten können. Daher werden in diesem Jahr schmale schwarze Linien in horizontaler bzw. vertikaler Anordnung, die auf siebbedruckten Folien auf Plexiglas auflaminiert werden, untersucht. Die von Evonik Industries beauftragte Untersuchung schließt an eine in Rössler & Laube (2008) beschriebene Untersuchung an.

#### 2.4.1 Vorstellung der Kandidaten

Abb. 3.1 – 3.7 und Tab. 2 geben einen Überblick über die sieben untersuchten Prüfscheiben, die sich in eine Gruppe von Siebdruckmarkierungen auf Glas (Eckelt Glas) und eine Gruppe von Plexiglasscheiben (Evonik Industries), auf die eine bedruckte Folie auflaminiert wird, unterteilen. Die Bezeichnung „Punkte“ gilt für Kreise mit Durchmessern von 0,8cm, „R“ steht für „Reihe“ und der anschließende Wert „X“, „2“ oder „3“ für die Anzahl der Reihen, wobei „X“ für eine nicht endliche Zahl diagonalen Reihen steht. Die Bezeichnung LF bei den Plexiglasscheiben steht für „laminierte Folie“ und unterscheidet damit die hier untersuchten Plexiglasscheiben mit der Handelsbezeichnung „BirdGuard“ von den in vergangenen Jahren untersuchten Plexiglasscheiben „Soundstop® CC“. Es handelt sich bei den Punkt- und Balkenmustern um schwarzen bzw. orangen Siebdruck auf Floatglas (Dicke: 6mm), bei den Bird-Guard-Markierungen um schwarzen Walzendruck auf Folie, wobei die Folie mit der bedruckten Seite nach innen (Ebene II) auf das Plexiglas auflaminiert wird. Die von der Markierung eingenommene Fläche liegt bei den Linienmarkierungen unter 10%, bei den Punktmarkierungen über 10%. „Punkte schwarz RX“ hat einen hohen Grad bedeckter Fläche mit 27%.

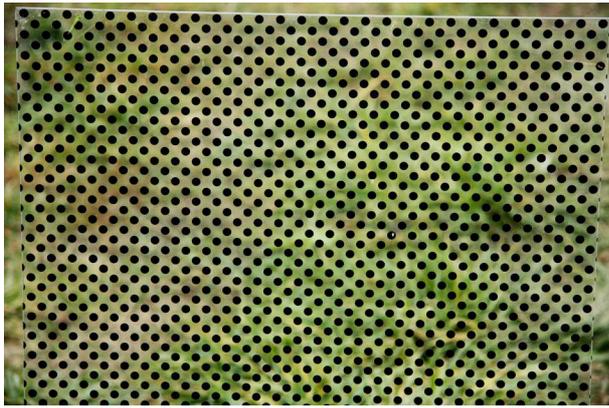


Abbildung 3.1: Punkte schwarz RX

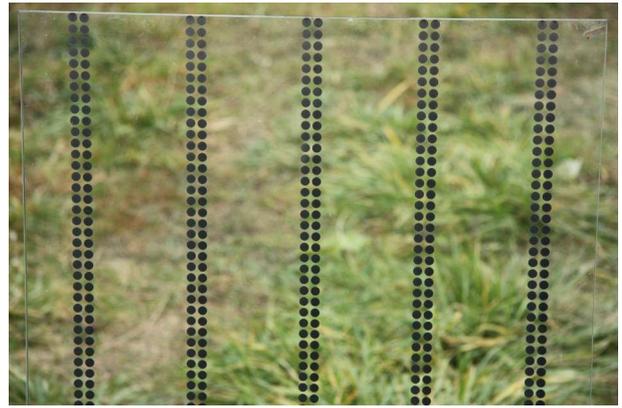


Abbildung 3.2: Punkte schwarz R2



Abbildung 3.3: Balken schwarz-orange

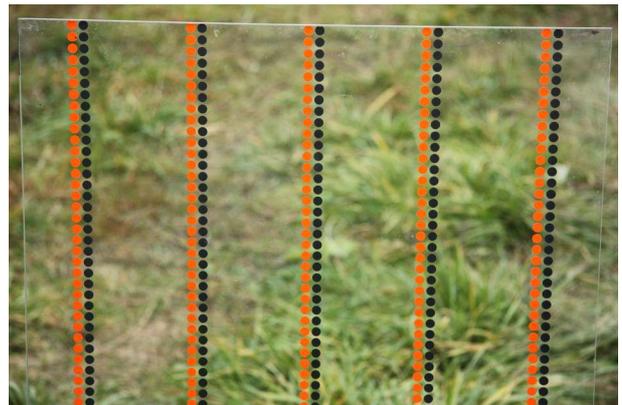


Abbildung 3.4: Punkte schwarz-orange R2



Abbildung 3.5: Punkte schwarz-orange R3



Abbildung 3.6: Plexi LF horizontal



Abbildung 3.7: Plexi LF vertikal

Tabelle 2: Beschreibung der im Jahr 2007 untersuchten Markierungen.

Bezeichnung	Beschreibung	Bedeckte Fläche %
Punkte schwarz RX	Regelmäßig diagonaler Punktraster, schwarze Kreise, DM 0,75cm, Abstand der Mittelpunkte diagonal: 2,54cm, horizontal 1,8cm, Siebdruck	27,0
Punkte schwarz R2	Vertikale Punktreihen, schwarze Kreise, DM 0,8cm; Anordnung der Punkte in zwei vertikalen parallelen Reihen (Abstand der Mittelpunkte 1,0cm), Abstand zwischen den Zweierreihen 10cm (bzw. Abstand der Mittelpunkte 10,8cm), Siebdruck	10,0
Punkte schwarz-orange R2	Vertikale Punktreihen, schwarz bzw. orange, DM 0,8cm; Anordnung der Punkte in zwei vertikalen parallelen Reihen (Abstand der Mittelpunkte 1,0cm), Abstand zwischen den Zweierreihen 10cm (=Abstand der Mittelpunkte 10,8cm), Siebdruck	10,0
Punkte schwarz-orange R3	Vertikale Punktreihen, schwarze und orange Punkte (zahlenmäßiges Verhältnis 50:50), DM 0,8cm. Anordnung der Punkte in drei vertikalen parallelen Reihen (Abstand der Mittelpunkte 1,0cm), Abstand zwischen den Dreierreihen 10cm (=Abstand der Mittelpunkte 10,8cm), Siebdruck	12,1
Balken schwarz-orange	Vertikale Streifen in wechselnder Breite (0,35, bzw. 0,5cm), schwarz bzw. orange. Abstand in der Doppelreihe 0,75cm, Abstand zw. den Doppelreihen bzw. 10,5cm, Siebdruck	8,5
Plexi LF horizontal	Horizontale Linien, schwarz, Breite 0,2cm, Abstand 2,8cm, Walzendruck auf laminiertes Plexiglas, Stärke 1,5cm, bedruckte Seite der Folie weist zur Plexiglasplatte	6,7
Plexi LF vertikal	Vertikale Linien, schwarz, Breite 0,2cm, Abstand 2,8cm, Walzendruck auf laminiertes Plexiglas, Stärke 1,5cm, bedruckte Seite der Folie weist zur Plexiglasplatte	6,7

## 2.5 Untersuchungszeitraum

Der Untersuchungszeitraum lag zwischen dem 26. Juli und dem 28. August 2009. Sämtliche Prüfscheiben wurden während des gesamten Zeitraumes in zufällig gereihten Abfolgen geprüft.

## 2.6 Tageszeit und Lichtverhältnisse bei den Versuchen

### 2.6.1 Tageszeit

Abhängig vom Netzfang der Beringungsstation (höchste Aktivität der Vögel in den Morgenstunden) fanden 58,6% der gültigen Versuche vor 10:00 Uhr statt, zwei Drittel der Experimente (67,3%) fanden zwischen 7:00 und 11:00 Uhr statt. Abb.4 zeigt die zeitliche Verteilung der Experimente über die Stunden der Untersuchungstage.

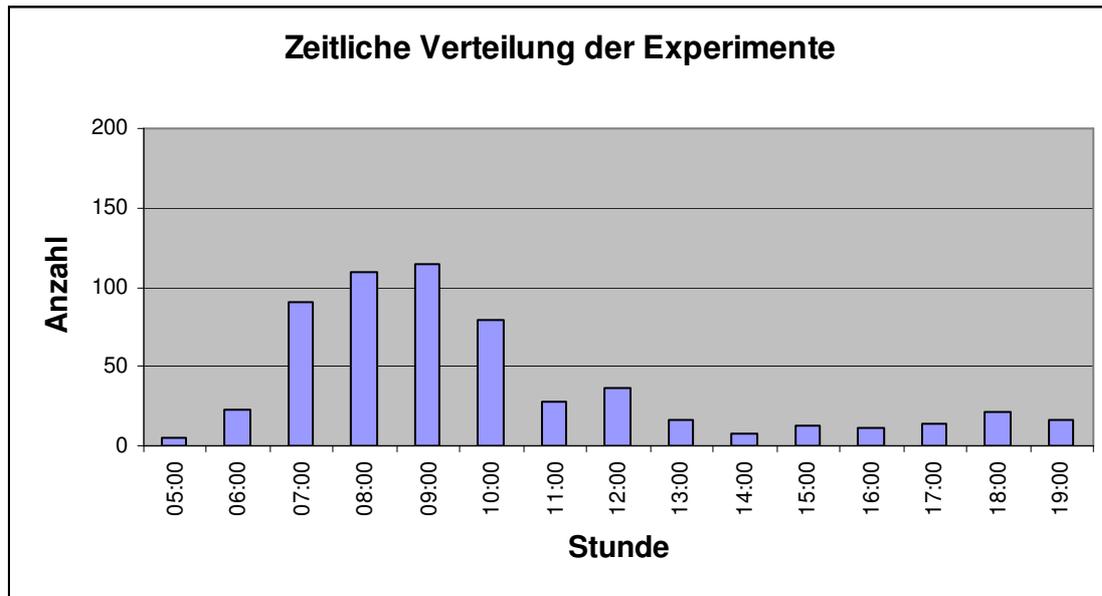


Abbildung 4: Zeitliche Verteilung der Experimente (n=584). Der Großteil der Versuche findet in den Morgenstunden, zur Zeit der höchsten Aktivität der Vögel statt.

## 2.6.2 Globalstrahlung

Die Globalstrahlung addiert sich aus Sonnenstrahlung und Himmelsstrahlung. Der Betrag der Sonnenstrahlung ist abhängig vom Einfallswinkel der Strahlen und daher für Flächen verschiedener Expositionswinkel unterschiedlich. Auf horizontalen Flächen steigt die Strahlungsdichte bis zum Sonnenhöchststand, auf vertikalen zur Sonne exponierten Flächen nimmt die Strahlungsdichte mit höheren Sonnenständen ab. Abb. 5 zeigt exemplarisch die tägliche Entwicklung der Globalstrahlung an zwei Tagen mit Wolkendurchgängen (02. und 03.08.2007) und einem wolkenlosen Tag (04.08.2007), wobei sich zeigt, dass bei bewölktem Himmel durch Reflexionen höhere Strahlungswerte erreicht werden können als an wolkenfreien Tagen.

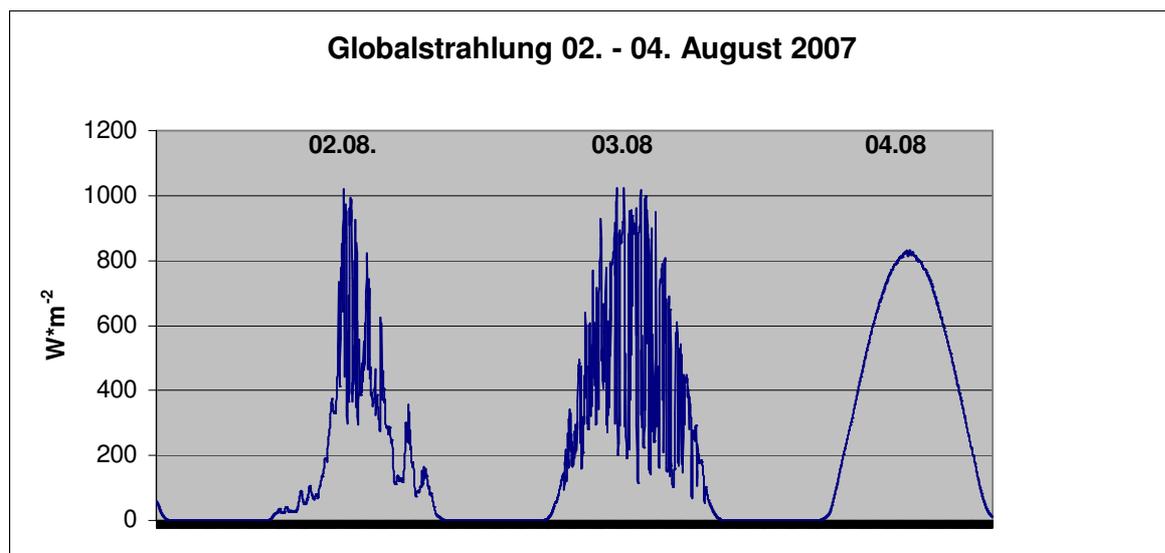


Abbildung 5: Globalstrahlung an zwei wolkenigen (02.08., 03.08.) und einem wolkenlosen Tag (04.08.). Bewölkung vermindert die Strahlung, doch kann unter bestimmten Voraussetzungen an Wolkentagen die Strahlung durch starke Reflexion an den Wolken größer sein als an wolkenfreien Tagen.

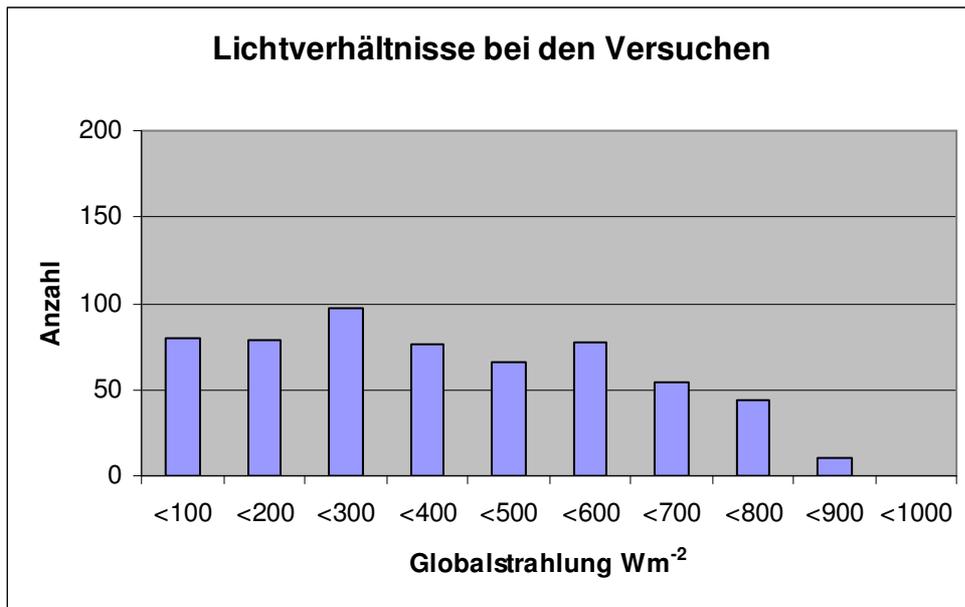


Abbildung 6: Anzahl von Versuchen (n=584) unter bestimmten Lichtverhältnissen (Globalstrahlung).

Während der Versuche wurden für die Globalstrahlung Werte zwischen 8 und  $891Wm^{-2}$  gemessen, wobei der Median bei  $342 Wm^{-2}$  liegt. Im Vergleich zu den Jahren 2006 und 2007 herrschten Verhältnisse höherer Lichtintensität. Abb. 6 zeigt die Zahl der Versuche, die in bestimmten Intensitätsklassen der Globalstrahlung durchgeführt wurden.

### 2.6.3 Lichtintensität hinter den Versuchsscheiben

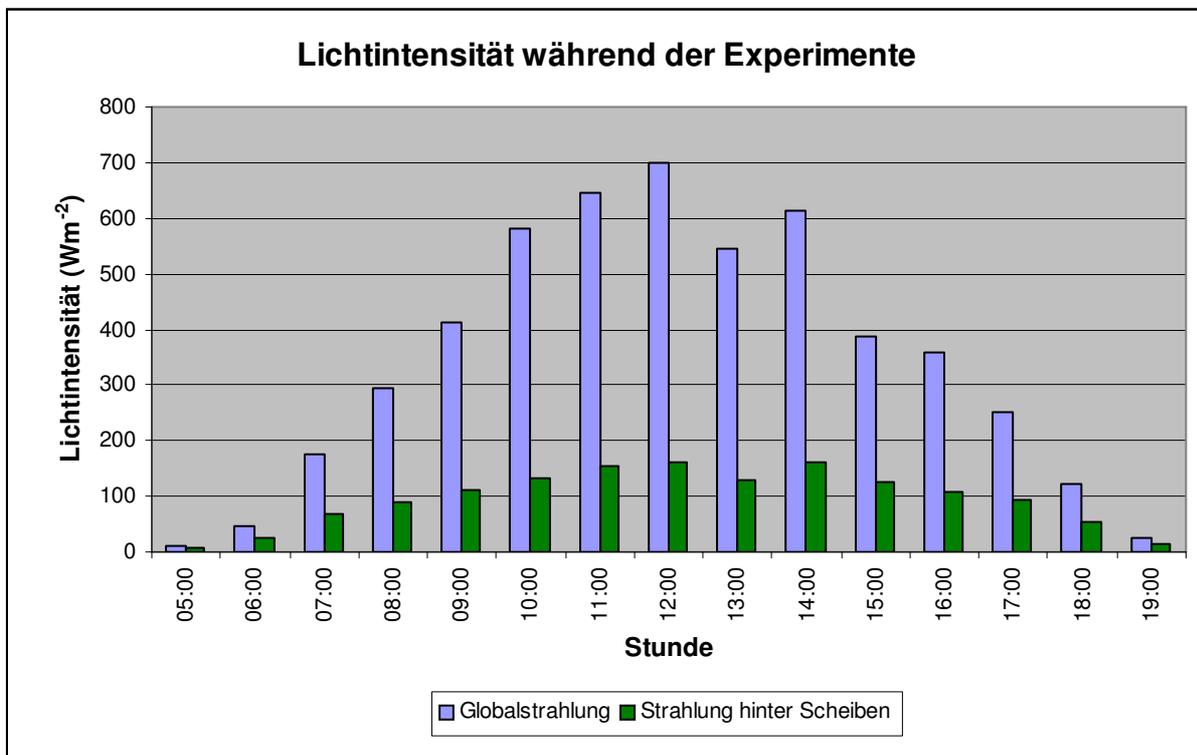


Abbildung 7: Mittlere Globalstrahlung bzw. mittlere Lichtintensität im Hintergrund der Versuchsscheiben nach Tagesstunden für n=584 Versuche.

Die Lichtintensität im Hintergrund der Scheiben (bei vertikaler Messebene) betrug zwischen 5 und 232 Wm<sup>-2</sup>. Der Median liegt bei 103 Wm<sup>-2</sup>. Abb. 7 zeigt die mittlere Strahlungsintensität während der Testflüge zu verschiedenen Tagesstunden und zeigt den Zusammenhang zwischen gemessener Globalstrahlung und gemessener Strahlung hinter den Versuchsscheiben.

## 2.7 Versuchsvögel

Als Versuchsvögel werden alle Vögel herangezogen, die während des Untersuchungszeitraumes von 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.

Es wurden 30 Arten in den Versuch einbezogen (Tab. 3). Knapp 20% der untersuchten Vögel (z.B. Mönchgrasmücke, Blaumeise, Kohlmeise, Feldsperling etc.) zählen zu typischen Anflugopfern des Siedlungsraumes, alle untersuchten Vögel sind potenzielle Anflugopfer der offenen Landschaft.

Todesfälle: Es kam im Rahmen der Untersuchung zu keinen Todesfällen.

Tabelle 3: Artenliste der 584 ausgewerteten Versuchsflüge (30 Arten) und Anzahl der Versuchsvögel.

Vogelart	Anzahl	Vogelart	Anzahl
Wendehals <i>Jynx torquilla</i>	7	Klappergrasmücke <i>Sylvia curruca</i>	1
Kleinspecht <i>Dendrocopos minor</i>	1	Dorngrasmücke <i>Sylvia communis</i>	52
Rotkehlchen <i>Eritacus rubecula</i>	1	Gartengrasmücke <i>Sylvia borin</i>	28
Nachtigall <i>Luscinia megarhynchos</i>	1	Mönchgrasmücke <i>Sylvia atricapilla</i>	53
Blaukehlchen <i>Luscinia svecica</i>	5	Fitis <i>Phylloscopus trochilus</i>	4
Braunkehlchen <i>Saxicola rubetra</i>	1	Grauschnäpper <i>Muscicapa striata</i>	1
Schwarzkehlchen <i>Saxicola torquata</i>	7	Blaumeise <i>Parus caeruleus</i>	19
Feldschwirl <i>Locustella naevia</i>	2	Kohlmeise <i>Parus major</i>	18
Schlagschwirl <i>Locustella fluviatilis</i>	2	Pirol <i>Oriolus oriolus</i>	2
Rohrschwirl <i>Locustella luscinioides</i>	1	Neuntöter <i>Lanius collurio</i>	34
Schilfrohrsänger <i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	74	Feldsperling <i>Passer montanus</i>	11
Sumpfrohrsänger <i>Acrocephalus palustris</i>	170	Grünling <i>Carduelis chloris</i>	2
Teichrohrsänger <i>Acrocephalus scirpaceus</i>	38	Stieglitz <i>Carduelis carduelis</i>	4
Drosselrohrsänger <i>Acrocephalus arundinaceus</i>	31	Goldammer <i>Emberiza citrinella</i>	6
Sperbergrasmücke <i>Sylvia nisoria</i>	1	Rohrhammer <i>Emberiza schoeniclus</i>	7
		<b>Summe</b>	<b>584</b>

### 3 ERGEBNISSE

#### 3.1 Überblick über das Datenmaterial

Tabelle 4: Struktur der Beobachtungsdaten 2009.

Versuche	Anzahl	%		Anzahl	%	
Alle	727	100				
	▼		▶	111	15,3	ungültig
Gültig	616	84,7				
	▼		▶	12	1,7	mittig
Eindeutig	604	83				
	▼		▶	20	2,8	Kontrollversuche
ergebnisrelevant	584	80,2				

Von 727 durchgeführten Versuchen (Tab. 4) sind 616 gültig, 111 (15,3%) mussten ausgeschieden werden (Ursachen in Tab. 5). 12 mittige Anflüge wurden ebenfalls ausgeschieden, 604 Anflüge waren eindeutig einer der Seiten (links oder rechts) zuzuordnen. Diese zerfallen in 20 Kontrollversuche zum Verlauf der Experimente hinsichtlich Links- oder Rechts-*biases*, und 584 Versuche mit markierten Scheiben, die schließlich ausgewertet wurden.

Tabelle 5: Ausgeschiedene Versuche, Ursachen für Nicht-Wertung

Ursache	Anzahl der Fälle
Vogel verweigert Flug	14
Vogel bricht Flug ab	7
Vogel bremst vor Netz und wechselt Seite (Netz erkannt?)	7
Zu zögerlicher Flug	17
Vogel berührt Seitenwand oder Decke	18
Unklare Ursache oder nicht dokumentiert	11
Nachträglich wegen beschlagener Scheiben ausgeschieden	21
Andere Versuchsfehler (z.B. Tunnel nicht nach Sonnenstand ausgerichtet, Lichteinfall durch nicht vollstd. geschlossene Tür, Putzmittel in der Sichtachse, etc.)	16
<b>Summe</b>	<b>111</b>

#### 3.2 Prüfung auf Gleichverteilung der Anordnung der Prüfscheiben

Da nicht auszuschließen ist, dass unauffällige Unregelmäßigkeiten in der Tunnelsymmetrie oder im Scheibenhintergrund zu einer systematischen Bevorzugung einer der beiden Seiten (links oder rechts) führt, muss die zu prüfende Markierung gleich häufig links wie rechts angebracht werden. Tab. 6 zeigt die Verteilung der Versuchs-scheiben auf die Positionen links und rechts in 584 Versuchen mit markierten Scheiben, 286 (49,0%) Versuche

fanden bei links montierter und 298 (51,0%) Versuche bei rechts montierter markierter Scheibe statt. In allen Fällen herrscht statistisch gesehen Gleichverteilung vor.

Tabelle 6: Position der markierten Scheiben in 584 gewerteten Wahlversuchen.

Versuchsscheibe	links montiert	rechts montiert	Summe	Binomialtest 2-seitig
Punkte schwarz RX	40	41	81	n.s.
Punkte schwarz R2	38	39	77	n.s.
Punkte schwarz-orange R2	44	41	85	n.s.
Punkte schwarz-orange R3	45	45	90	n.s.
Balken schwarz-orange	42	47	89	n.s.
Plexi LF horizontal	43	43	86	n.s.
Plexi LF vertikal	34	42	76	n.s.
<b>Summe</b>	<b>286 (49%)</b>	<b>298 (51%)</b>	<b>584 (100%)</b>	n.s.

### 3.3 Prüfung auf Gleichverteilung der Anflüge

Eine weitere Kontrolle der Qualität der Daten ergibt sich aus dem Vergleich der Anflugseiten. Es herrscht Gleichverteilung vor (Tab. 7 und 8), allerdings überwiegen in allen Auswertungskategorien die Anflüge zur linken Seite. Anflüge zur Referenzscheibe („richtige Entscheidungen“) fanden in 52,5% der Fälle links und in 47,8% der Fälle rechts statt.

Tabelle 7: Verteilung der Anflüge bei 20 gültigen Kontrollversuchen (unmarkiert gegen unmarkiert) und 584 gültigen Wahlversuchen (markierte gegen unmarkierte Scheibe). Prozentwerte in Klammern.

	Anflug		Summe	Binomialtest 2-seitig
	links	rechts		
Kontrollversuche	11 (55,0)	9 (45,0)	20	n.s.
Versuche	309 (52,9)	275 (47,1)	584	n.s.
<b>Summe</b>	<b>320 (53,0)</b>	<b>284 (47,0)</b>	<b>604</b>	n.s.

Tabelle 8: Verteilung der 51 Anflüge zu markierter Scheibe und der 533 Anflüge zur Referenzscheibe auf die linke und rechte Seite (n=584). Prozentwerte in Klammern.

Anflug an	Anflug		Summe	Binomialtest 2-seitig
	links	rechts		
Referenzscheibe ("richtig")	278 (52,2)	255 (47,8)	533	n.s.
Markierte Scheibe ("falsch")	31 (60,8)	20 (39,2)	51	n.s.
<b>Summe</b>	<b>309 (52,9)</b>	<b>275 (47,1)</b>	<b>584</b>	n.s.

### 3.4 Versuchsergebnisse

584 Einzelversuche erbrachten in 533 Fällen (91,3%) eine „richtige Entscheidung“ der Vögel zur unmarkierten Referenzscheibe und in 51 Fällen (8,7%) einen Anflug in Richtung markierter Prüfscheibe. Vier Markierungen („Punkte schwarz RX“, „Punkte schwarz R2“, „Punkte schwarz-orange R2“, und „Punkte schwarz-orange R3“) liegen deutlich unter 10% Anflügen zur markierten Scheibe und können als hoch wirksam eingestuft werden. Das 10%-Kriterium wird von „Balken schwarz-orange“ sehr knapp und von „Plexi LF horizontal“ knapp verfehlt. „Plexi LF vertikal“ ist mit 25% Anflug an die markierte Scheibe deutlich abgeschlagen und ist als wenig wirksam anzusehen. Tab. 9 zeigt die detaillierten Ergebnisse der Wahlversuche. Abb. 9 gibt eine grafische Übersicht über die Ergebnisse der geprüften Markierungen in der Reihenfolge ihrer Wirksamkeit im Wahlversuch.

Tabelle 9: Ergebnisse der Wahlversuche.

Versuchsscheibe	Summe	Anflug Referenzscheibe („richtig“)	Anflug markierte Scheibe („falsch“)	% „falsch“
Punkte schwarz RX	81	79	2	2,5
Punkte schwarz R2	77	73	4	5,2
Punkte schwarz-orange R2	85	83	2	2,4
Punkte schwarz-orange R3	90	85	5	5,6
Balken schwarz-orange	89	80	9	10,1
Plexi LF horizontal	86	76	10	11,6
Plexi LF vertikal	76	57	19	25,0
<b>Summe</b>	<b>584</b>	<b>533</b>	<b>51</b>	<b>8,7</b>

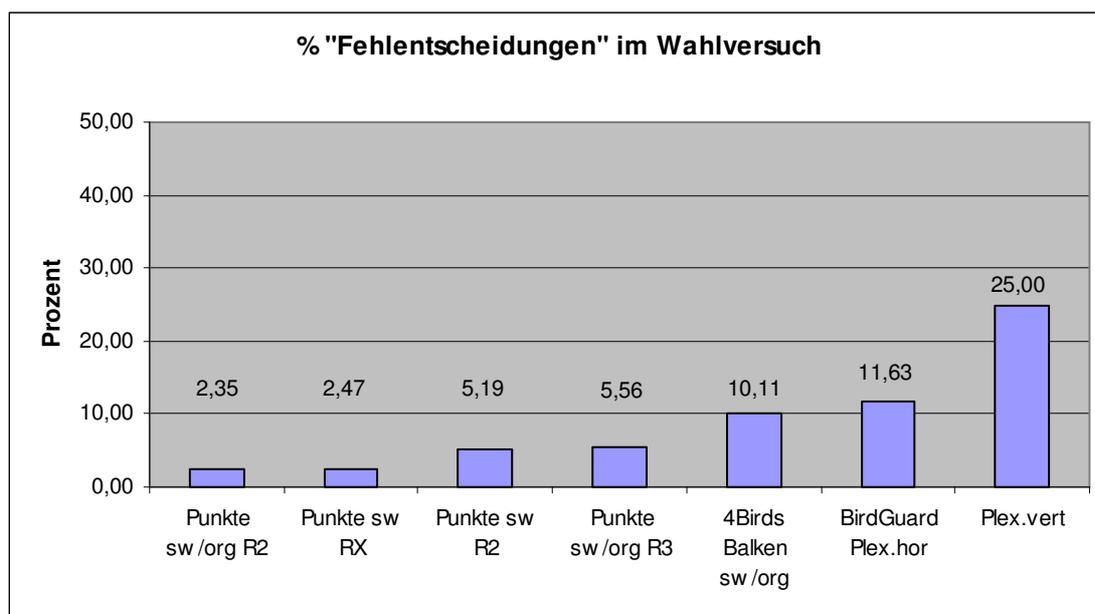


Abbildung 9: Relative Häufigkeit von Anflügen zur markierten Glasscheibe („Fehlentscheidungen“) im Wahlversuch mit unmarkierter Referenzscheibe.

### 3.5 Versuchsergebnisse unter Berücksichtigung der Lichtverhältnisse

Wegen der allgemein sehr guten Ergebnisse der 2009 geprüften Kandidaten und der entsprechend geringen Zahl von Anflügen zu den markierten Prüfscheiben sind statistisch gesicherte Unterschiede zwischen Anflügen an die markierte Scheibe bei starkem bzw. schwachem Licht nicht mehr zu erkennen.

Daher wurden die schwarzen Punkt-Markierungen (Punkte schwarz RX und Punkte schwarz R2) und die schwarz-orangen Markierungen (Punkte schwarz-orange T2, Punkte schwarz-orange T3 und Balken schwarz-orange) zu einer Gruppe zusammengefasst und nach drei Beleuchtungskriterien verglichen.

- 1) Globalstrahlung größer  $250\text{Wm}^{-2}$ , kleiner  $250\text{Wm}^{-2}$
- 2) Lichtintensität im Hintergrund der Scheiben größer  $90\text{Wm}^{-2}$ , kleiner  $90\text{Wm}^{-2}$
- 3) Sonnig, bewölkter Himmel

Generell sind auch nach dem pooling keine Unterschiede erkennbar, mit der Ausnahme, dass schwarze Punkte (RX und R2) bei hoher Globalstrahlung ( $>250\text{Wm}^{-2}$ ) signifikant besser wirken als bei geringer Globalstrahlung ( $<250\text{Wm}^{-2}$ ;  $n=158$ ,  $p=0,02$ , Fisher's Exakt 2-seitig; Tab. 10).

Tabelle 10: Vergleich der Wirksamkeit bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen. Schwarz-orange Markierungen und schwarze Punkte zusammengefasst. (Fisher's Exakt-Test, 2-seitig).

	Anzahl gültiger Fälle	p-Wert
<b>Globalstrahlung <math>&lt;250\text{ Wm}^{-2}</math> vs. <math>&gt; 250\text{ Wm}^{-2}</math></b>		
Schwarze Punkte (TX, T2)	158	<b>0,02</b>
Schwarz-orange (Punkte T2, T3, Balken)	264	0,43 (n.s.)
<b>Lichtintensität im Hintergrund der Scheiben <math>&lt;90\text{ Wm}^{-2}</math> vs. <math>&gt; 90\text{ Wm}^{-2}</math></b>		
Schwarze Punkte (TX, T2)	158	0,21 (n.s.)
Schwarz-orange (Punkte T2, T3, Balken)	264	0,43 (n.s.)
<b>Sonnig vs. bewölkt</b>		
Schwarze Punkte (TX, T2)	158	0,17 (n.s.)
Schwarz-orange (Punkte T2, T3, Balken)	264	0,74 (n.s.)

### 3.6 Bewertung der geprüften Markierungen nach Kategorien A-D

Tab. 11 zeigt die Ergebnisse der Prüfungen nach der in 1.3 vorgestellten Einteilung in Wirksamkeits- bzw. Eignungskategorien. Vier der sieben untersuchten Scheiben erfüllen das 10%-Kriterium und sind als hoch wirksam

anzusehen. Zwei weitere Scheiben verfehlen das 10%-Kriterium knapp und sind daher für den Vogelschutz als bedingt geeignet zu werten, eine geprüfte Markierung erscheint wenig geeignet (Tab. 11).

Tabelle 11: Wirksamkeit bzw. Eignung der geprüften Markierungen nach Kategorien A – D (vgl. Tab. 1).

Bezeichnung	% Anflüge zu markierter Scheibe	Kategorie	Bewertung
Punkte schwarz RX	2,47	A	hoch wirksam
Punkte schwarz R2	5,19	A	hoch wirksam
Punkte schwarz-orange R2	2,35	A	hoch wirksam
Punkte schwarz-orange R3	5,56	A	hoch wirksam
Balken schwarz-orange	10,11	B	bedingt geeignet
Plexi LF horizontal	11,63	B	bedingt geeignet
Plexi LF vertikal	25,00	C	wenig geeignet

## 4 DISKUSSION

### 4.1 Integrität der Untersuchung

Die Prüfung auf Gleichverteilung der Prüfscheiben (3.2) bzw. der Anflüge nach linker und rechter Seite (3.3) zeigt keine signifikanten Abweichungen von zufälliger Verteilung. In allen Fällen wird die linke Seite häufiger angefliegen, was auf eine leichte Störung der Tunnelsymmetrie hinweisen könnte. Eine solche Störung wird in jedem Fall ausreichend durch die wechselnde Anordnung der Prüfscheiben kompensiert. Die Integrität der Untersuchung ist vollständig gegeben.

### 4.2 Versuchsergebnisse

Die im Kap. 1.1 formulierte Hypothese, dass eine flächige Anordnung von Punkten weniger gut gemieden wird als eine sparsamere Anordnung in Doppelkolonne kann klar verworfen werden. Die anderen Hypothesen können bei diesem Stichprobenumfang (geringe Zahl der Anflüge zur markierten Scheibe) nicht ausreichend geprüft werden, obwohl das Ranking der Ergebnisse auf den ersten Blick den Hypothesen entspricht. Vermutlich wäre durch Reduktion der Größe der Kreise und einer Absenkung der Effektivität (Verschärfung der Testbedingungen) eine klarere Aussage zu erzielen gewesen. Da aber am Ende der Untersuchung im Sinne der Auftraggeber auch Aussagen über potenziell verwertbare Produkte stehen sollten, musste hier ein Kompromiss zu ungunsten theoretischer Ambitionen gemacht werden.

Die mittlere Wirksamkeit der 2009 untersuchten Markierungen ist mit 8,7% Anflügen in Richtung markierter Scheiben der niedrigste Wert seit Beginn der Untersuchungen. Es zeigt sich, dass in den vergangenen Jahren auf experimentellem Wege Lernschritte und systematische Entwicklungen hin zu hoch wirksamem Vogelschutzglas stattgefunden haben. Mit der schwarz-orangen Serie, die in diesem Jahr untersucht wurde, kamen vier von fünf Markie-

rungen unter die 10% Marke und eine verfehlte das 10%-Kriterium um nur 0,1 Prozentpunkte. Die Markierung mit schmalen Linien auf Plexiglas schnitt bei horizontaler Linienführung wie erwartet im 10 – 12% Bereich ab (vgl. Rössler & Laube 2008). Erstaunlicher Weise ist die Zahl der Anflüge bei vertikaler Linienführung mit 25% Anflügen in Richtung der markierten Scheibe unerwartet hoch. In den folgenden Abschnitten wird versucht, auch durch Vergleiche mit Ergebnissen aus vergangenen Jahren, weitere Lehren zu ziehen und Architekten und Designern Anhaltspunkte zur Entwicklung nicht nur hoch wirksamer sondern auch ästhetisch verfeinerten Ansprüchen gerecht werdender Markierungen zu geben.

#### 4.2.1 Vergleich neuerer und älterer Versuche mit Kreisen, Quadraten und feinen Rastern

Einige Vergleiche mit älteren Ergebnissen (Tab. 12) zeigen, dass rasterförmig angeordnete kleine Kreiselemente z.B. bereits 2005 (in Flugtunnel I) gut abgeschnitten haben. Anflugraten an die markierte Scheibe von 0,0% bzw. 2,47% sind überzeugende Resultate für die hohe Wirksamkeit von kleinen Kreisen. Je mehr sich die Kantenführung der Elemente geradlinigen Rastern annähert, umso unsicherer werden die Befunde aber. Bisher gibt es eine Prüfung einer Markierung mit kleinen Quadraten mit 25% bedeckter Fläche. Eine Anflugrate an die markierte Scheibe im Wahlversuch (Flugtunnel I, Rössler 2005) von 10,5% im Falle kleiner Quadrate steht der Anflugrate von 0,0% im Falle kleiner Kreise direkt gegenüber. Der Unterschied der Wirksamkeit der Markierungen „Kreise klein“ und „Quadrate klein“ ist vermutlich zu einem Teil auf das Material der Markierung (Kreise: weiße Folie, Quadrate: weißer Siebdruck) zurückzuführen. Es spricht aber vieles dafür, dass der Strukturkontrast, also die strukturelle Gegensätzlichkeit der Kreise bzw. die strukturelle Ähnlichkeit der Quadrate mit dem jeweils freibleibenden durchsichtigen Rest der Scheibe, eine Rolle spielt. Es wären weitere Experimente notwendig, um diese Frage zu klären.

Sehr zweifelsfrei sind feine Raster wenig geeignet oder unwirksam und kommen für Vogelschutzglas nicht in Frage, obwohl über Ursachen der hohen Anflugraten immer noch nur spekuliert werden kann (Rössler und Zuna-Kratky 2004, Rössler und Laube 2009 (unveröffentlicht)).

Tabelle 12: Übersicht über bisherige Ergebnisse für Markierungen „kleine Elemente“ in regelmäßiger Anordnung

Markierung	Prüfjahr	Beschreibung	Bedeckte Fläche (%)	Anflüge zu markierter Scheibe (%)	Prüfanlage	Bericht
Kreise klein	2005	Kreise DM: 1,8 cm, Mittelpunktabstand 32 mm, Material: weiße Klebefolie	25	0,0	Flugtunnel I	Rössler (2005)
Punkte schwarz RX	2009	Kreise DM: 0,8cm, Mittelpunktabstand 14 mm, Material: schwarzer Siebdruck	25	2,5	Flugtunnel II	Vorliegender Bericht
Quadrate klein	2005	Quadrate, Seitenlänge 1,6 cm, Kantenabstand 1,6 cm, weißer Siebdruck	25	10,5	Flugtunnel I	Rössler (2005)
Blauer Raster	2008	Linienbreite 0,15 cm, Linienabstand 0,4 cm, blaues Kunststoffmaterial	25	21,5	Flugtunnel II	unveröffentlichter interner Bericht
Raster	2004	Linienbreite 0,1 cm, Linienabstand 1,2 cm, weißer Siebdruck	16	52,7	Flugtunnel I	Rössler & Zuna-Kratky (2004)

## 4.2.2 Schwarz-orange Linien nicht besser als einfärbig Orange

Die in den Vorjahren gefundenen günstigen Eigenschaften der schwarzen und der orangen Markierungen führten zur Prüfung kombinierter schwarz-oranger Muster. Damit wird einerseits die Signalwirkung des von verschiedenen Lebensformen (z.B. Rotbauchunke) bekannten Aposematismus ins Spiel gebracht, vor allem aber der günstige achromatische Kontrast von Schwarz bei hellen Verhältnissen und der günstige chromatische Kontrast von Orange gegenüber der Vegetation genutzt. Der „Nicht-Farbe“ Schwarz wird mit Orange eine besonders gut wahrnehmbare Farbe gegenüber bzw. an die Seite gestellt (vgl. Rössler et al. 2007).

Von den schwarz-orangen Markierungen verfehlt eine das 10%-Kriterium (um nur 0,1 Prozentpunkte), die beiden anderen sind hoch wirksam. Dennoch zeigen die Ergebnisse, dass schwarz-orange Markierungen nicht besser wirken als einfärbig orange, wie der Vergleich mit „Eckelt Orange“ (unveröffentlicht) und „Orange vertikal“ (Rössler & Laube 2008) zeigt (Tab. 13). Ein ähnliches Ergebnis brachte der Vergleich 0,5cm breiter schwarzer vertikaler Linien mit 1cm breiten schwarz-weißen Linien, bei dem die einfärbig schwarzen gleich gut abschnitten wie die doppelt so breiten schwarz-weißen Linien (vgl. Rössler et al. 2007).

Tabelle 13: Vergleich einfärbiger Markierungen (orange, schwarz) mit zweifärbigen (schwarz-orange, schwarz-weiß).

Markierung	Prüfjahr	Beschreibung	Bedeckte Fläche (%)	Anflüge zu markierter Scheibe (%)	Prüfanlage	Bericht
<b>einfärbig</b>						
Eckelt Orange	2008	vertikale Linien, Breite: 0,7cm, Vertikalabstand 8,8 cm, Siebdruck orange	8,5	<b>3,9</b>	Flugtunnel II	unveröffentlichter interner Bericht
Orange vertikal	2007	vertikale Linien, Breite: 0,5cm, Vertikalabstand 10,0cm, Sprühlack orange	4,8	<b>5,8</b>	Flugtunnel II	Rössler & Laube (2008)
10 v // 5 s (2006)	2006	vertikale Linien, Breite: 0,5cm, Vertikalabstand 10,0cm, Klebeband schwarz	4,8	<b>12,9</b>	Flugtunnel II	Rössler et al. (2007)
<b>zweifärbig</b>						
Balken schwarz-orange	2009	vertikale Doppellinien im Abstand von 0,75cm, Abstand zwischen den Doppellinien 10,5cm; Breite der Doppellinien im Wechsel 0,35cm bzw. 0,5cm, Siebdruck schwarz und orange	8,5	<b>10,1</b>	Flugtunnel II	Vorliegender Bericht
10 v // 5 s/w	2006	vertikale schwarz-weiße Doppellinien, Breite: 1,0cm (0,5cm weiß, 0,5cm schwarz, kein Abstand zwischen schwarzer und weißer Linie), Vertikalabstand zwischen den Doppellinien 10,0cm, Klebebänder schwarz und weiß	16,7	<b>15,1</b>	Flugtunnel II	Rössler et al. (2007)

### 4.2.3 Aufgedruckte schwarze Linien sind bedingt geeignet aber weniger wirksam als Soundstop® CC

Bei den Versuchen mit Bird Guard in horizontaler Ausführung („Plexi LF horizontal“) mit einer Anflugrate von 11,6% wird das Ergebnis von Soundstop® CC (Anflugrate 7,1%, Rössler et al. 2007) nicht vollständig reproduziert. Das Ergebnis ist aber identisch mit 2mm breiten schwarzen Linien auf Glas, die 2007 getestet wurden (Rössler und Laube 2008). „Schwarz horizontal“ hatte eine Anflugrate von 10,7%. In Tab. 14 werden die zitierten Ergebnisse verglichen.

Es spricht nunmehr vieles dafür, dass die Unterschiede zu Soundstop CC nicht zufällig sind, ohne dass dies auf Basis der bisherigen Versuche überzeugend begründet werden könnte. Nach wie vor nehmen wir an, dass optische Eigenschaften des Plexiglasses und die Dreidimensionalität der schwarzen Plastik-Filamente bei Soundstop CC eine Rolle spielen. Wahrscheinlich kann eine leichte Erhöhung bedruckter Fläche durch Verbreiterung der Streifen bei gleichzeitiger Erhöhung des Abstandes zwischen den Streifen eine Verbesserung (Kat. A) bringen. Z.B. wären 3,5mm breite Linien im Abstand von 36,5mm Abstand (8,8% bedeckte Fläche) zu prüfen. Eventuell lässt sich auch durch geringere Transparenz (höhere Farbdichte des Drucks) eine Verbesserung erzielen.

Tabelle 14: Vergleich der Wirksamkeit im Wahlversuch von verschiedenen Varianten 2mm breiter schwarzer Streifen im Abstand von 2,8cm

Markierung	Prüfjahr	Beschreibung	Bedeckte Fläche (%)	Anflüge zu markierter Scheibe (%)	Wirksamkeit (Kategorie)	Bericht
Acryl horizontal	2006	Plexiglas (15mm) mit eingelagerten horizontalen Polyamidfäden, DM 2mm, Vertikalabstand 28mm	6,7	7,1	A	Rössler et al. (2007)
Schwarz horizontal	2007	Floatglas (4mm) mit aufgeklebten horizontalen Folienstreifen, Breite 2mm, Vertikalabstand 28mm	6,7	10,7	B	Rössler & Laube (2008)
Plexi LF horizontal	2009	Plexiglas (15mm) mit auf laminierter Folie mit aufgedruckten horizontalen schwarzen Linien Breite 2mm, Vertikalabstand 28mm	6,7	11,6	B	Vorliegender Bericht
Plexi LF vertikal	2009	Plexiglas (15mm) mit auf laminierter Folie mit aufgedruckten vertikalen schwarzen Linien Breite 2mm, Horizontalabstand 28mm	6,7	25,0	C	Vorliegender Bericht

#### 4.2.4 Horizontale und vertikale schwarze feine Streifen werden vor Staudenvegetation unterschiedlich gut wahrgenommen

Bemerkenswert ist das deutlich schlechtere Abschneiden der vertikalen Linien („Plexi LF vertikal“: 25% Anflüge in Richtung markierter Scheibe) im Vergleich zu den horizontalen („Plexi LF horizontal“: 11,6% Anflüge in Richtung markierter Scheibe), insbesondere, als bisher die Regel gegolten hat, vertikaler Verlauf einer Markierung bedeute höhere Effizienz als horizontaler Verlauf.

Dieser scheinbare Widerspruch führt vermutlich zur wichtigen Unterscheidung von Wahrnehmung und Verhaltensreaktion. Bei deutlich wahrnehmbaren Markierungen wurde gezeigt (Rössler & Zuna-Kratky 2004, Rössler et al. 2007), dass in einem kritischen Bereich von 10 bis 20cm Abstand vertikaler bzw. horizontaler Linien, die Vögel eher horizontale als vertikale Anordnungen ignorieren. Vermutlich auf Grund einer höheren Bereitschaft zwischen horizontalen Balken hindurchzufliegen als zwischen vertikalen sind vertikale Markierungen effizienter (dieser Erklärungsversuch harrt noch seiner Überprüfung). Je weiter die Abstände vertikaler Linien, bzw. je enger die Abstände horizontaler Linien werden, desto sinnloser wird die Regel, da große Abstände vertikaler Linien kein Hindernis signalisieren, und andererseits kleine Abstände horizontaler Linien sehr wohl ein unüberwindliches Hindernis signalisieren können.

Warum aber wirkt „Plexi LF vertikal“ deutlich weniger gut als „Plexi LF horizontal“? Die Daten wurden mehrfach geprüft und es zeigten sich keine Hinweise auf Unregelmäßigkeiten bei der Versuchsdurchführung oder Fehler in der Datenbearbeitung. Auffallend aber statistisch nicht signifikant ist, dass bei links montierter Probescheibe 35,3% Anflüge (12 von 34) zur markierten Scheibe und bei rechts montierter Probescheibe 16,7% Anflüge (7 von 42) zur markierten Scheibe zu beobachten waren ( $p=0,2$ , Fisher's Exakt, 2-seitig).

Sicher hängt das Ergebnis damit zusammen, dass 2mm breite Linien an der Wahrnehmungsgrenze liegen und dass daher eine leichte Änderung einer Variablen bereits zu einer drastischen Verminderung der Effizienz der Markierung führen kann. Es handelt sich sicher um ein Problem der Wahrnehmung und nicht um ein Verhaltensphänomen. Höchstwahrscheinlich ist das Problem in Kontrastdefiziten zu suchen. Eine Erklärung könnte die Beschaffenheit des Hintergrundes liefern: Senkrechte Stämme der Staudenvegetation verlaufen vertikal und erzeugen dadurch vertikal kontinuierliche Farbstreifen, die sich mit den vertikal kontinuierlichen Streifen der Markierung überlagern. Horizontale Komponenten der Vegetation sind stärker diskontinuierlich; entlang eines horizontalen Streifens des Gesichtsfeldes kommt es in der Vegetation zu häufigeren Hell-Dunkel und zu häufigeren chromatischen Kontrasten. Daher kann der kontinuierlich schwarze horizontale Streifen zur horizontal diskontinuierlichen Vegetation besser kontrastieren. Wie manches andere harrt auch dieser Erklärungsversuch einer Überprüfung.

Die Regel „vertikal vor horizontal“ bedarf also einer Modifizierung: Vertikale Strukturen werden unter bestimmten Umständen weniger gut wahrgenommen als horizontale Strukturen, lösen aber, wenn sie wahrgenommen werden, eher (bei größeren Abständen) ein Meideverhalten aus als horizontale Strukturen.

## 4.3 Aktualisierte Empfehlungen

### 4.3.1 Uneingeschränkte Empfehlung

Vier der 2009 untersuchten Markierungen sind im Sinne der in 1.3 getroffenen Definition hoch wirksam (Kat. A) und können uneingeschränkt empfohlen werden:

- Punkte schwarz RX
- Punkte schwarz R2
- Punkte schwarz-orange R2 (4Bird ®)
- Punkte schwarz-orange R3

### 4.3.2 Bedingte Empfehlung

Zwei der Markierungen verfehlen das 10%-Kriterium um 0,1 bzw. um 1,6 Prozentpunkte:

- Balken schwarz-orange (4Bird ®)
- Plexi LF horizontal (Bird Guard ®)

Durch geringfügige Veränderungen v. a. der Linienbreite sollte es in beiden Fällen möglich sein, die Kategorie A (hoch wirksam) zu erreichen. Eine Verbesserung der Effizienz von „Plexi LF horizontal“ könnte auch in einer Reduktion der Transparenz (Erhöhung der Farbdichte) der Linien liegen.

### 4.3.3 Wenig geeignet

„Plexi LF vertikal“ erreicht nur Kategorie C (wenig geeignet) und kann nicht empfohlen werden, obwohl es denkbar ist, dass in Sonderfällen, z.B. vor hellem konturlosem Hintergrund wie etwa weiße Mauerflächen, deutlich bessere Ergebnisse erreicht werden könnten, als dies in unserer Untersuchung der Fall ist.

## 4.4 Hinweise zur gestalterischen Weiterentwicklung der Prototypen

Die untersuchten Markierungen können zum Teil auch als Prototypen für die gestalterische Weiterentwicklung durch ArchitektInnen, DesignerInnen etc. angesehen werden. Die Markierung „Balken schwarz-orange“ beispielsweise macht sich bereits einige der Erkenntnisse, die mit sehr einfachen Prototypen gefunden wurden, zu eigen (vertikaler Verlauf schmaler Linien im Abstand von ca. 10cm, Verwendung und Kombination der Farben Orange und Schwarz) und erscheint in sehr ansprechendem Design.

Es können aus den vorliegenden Ergebnissen folgende Anregungen bezogen werden, z.B.:

- Schwarz und Orange eignen sich hervorragend zur Kombination
- Zweifärbigkeit bringt nicht zwangsläufig eine Verbesserung mit sich

- eine vollständig mit kleinen Elementen bedruckte Fläche ist nicht besser, aber auch nicht schlechter als vertikale Reihen kleiner Elemente
- die Linienbreite von 2mm liegt für Vögel an der Wahrnehmungsgrenze und der gestalterische Spielraum ist in dieser Dimension eingeschränkt

## 5 ZUSAMMENFASSUNG

Die 2009 an der Biologischen Station Hohenau-Ringelsdorf geprüften Markierungen stehen in Kontinuität zu den Versuchen vergangener Jahre und bauen auf schrittweise gewonnenen Erkenntnissen auf. Im Vordergrund der im vorliegenden Bericht beschriebenen Aufgaben stehen Vergleiche von Punktrastern mit vertikalen Punktreihen, Vergleiche von Linien unterschiedlicher Breite und Ausrichtung und Vergleiche von einfarbig schwarzen mit kombiniert schwarz-orangen Markierungen.

Der Vergleich eines Punktrasters bei 27% bedeckter Fläche mit doppelten vertikalen Punktreihen bei 10% bedeckter Fläche zeigt keinen Unterschied. Einfarbig schwarze Markierungen schneiden nicht schlechter ab als Kombinationen aus schwarzen und orangen Elementen. Allerdings zeigt die Differenzierung der Ergebnisse nach Lichtverhältnissen, dass die einfarbig schwarzen Punktmarkierungen bei hoher Globalstrahlung besser wirken als bei schwachem Licht. Vertikale schwarz-orange Linien bei 8,5% bedruckter Fläche schneiden nicht besser ab als einfarbig orange vertikale Linien bei 4,8% bedruckter Fläche. Die Linienbreite von 2mm erweist sich als untere Wahrnehmungsgrenze. Im Vergleich horizontaler und vertikaler schwarzer Linien dieser Dimension weisen die vertikalen Linien deutlich höhere Zahlen von Anflügen auf. Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zur beobachteten Verhaltensweise, dass Vögel eher vertikale als horizontale Markierungen meiden. Der Befund wird als Wahrnehmungsproblem interpretiert: vor vertikal ausgeprägter Vegetation heben sich vertikale Linien schlechter ab, während in Folge größerer struktureller Diskontinuität der Vegetation in der Waagrechten, horizontale Linien besser kontrastieren. Das Ergebnis weist darauf hin, dass an der Wahrnehmungsgrenze liegende Markierungen schon bei geringfügigen Änderungen einzelner Variablen überproportional stark an Wirksamkeit verlieren.

Wahlversuche im Flugtunnel zeigen, ob Vögel markierte Glasscheiben wahrnehmen können und ob die Markierungen geeignet sind, Vögel zum Ausweichen zu bewegen. Da mit ausreichend großen Stichproben auch gut zwischen besser und weniger wirksamen Markierungen unterschieden werden kann, ist es möglich, ein abgestuftes Eignungsschema für Markierungen zu entwickeln. Ein solches wird im vorliegenden Bericht vorgestellt und umfasst vier Kategorien (A = hoch wirksam, B = bedingt geeignet, C = wenig geeignet, D = unwirksam). Da Vogelanzug ein gravierendes Problem bei immer noch steigendem Glasflächenanteil darstellt, ist aus Sicht des Tier- bzw. Vogelschutzes das Beste gerade gut genug und sind für problematische Standorte hoch wirksame Markierungen zu fordern. Uneingeschränkte Empfehlungen werden von uns nur dann als gerechtfertigt angesehen, wenn im Wahlversuch höchstens 10% der Vögel zur markierten Scheibe fliegen. Vier der in diesem Jahr geprüften Markierungen erreichen Kategorie A und zwei verfehlen diese Kategorie nur knapp, bei drei der vier Markierungen der Kat. A beträgt der Anteil bedruckter Fläche 10 % oder weniger.

## 6 LITERATUR

Fiby, M. (2008): Fachtagung der Wiener Umwelthanwaltschaft „Vogelanprall an Glasflächen“ am 26.02.2008. Zusammenfassung der Vorträge und der Diskussion. Wiener Umwelthanwaltschaft, Wien. 10 pp. Online: [http://wua-wien.at/home/images/stories/naturschutz\\_stadtoekologie/zusammenfassung-tagung-feb-08.pdf](http://wua-wien.at/home/images/stories/naturschutz_stadtoekologie/zusammenfassung-tagung-feb-08.pdf)

Fiby, M. (2009): Anwendertagung der Wiener Umwelthanwaltschaft „Vogelanprall an Glasflächen“ am 29.04.2009. Zusammenfassung der Vorträge. Wiener Umwelthanwaltschaft, Wien. 14 pp. Online: [http://wua-wien.at/home/images/stories/naturschutz\\_stadtoekologie/anwendertagung-vogelanprall-04-09.pdf](http://wua-wien.at/home/images/stories/naturschutz_stadtoekologie/anwendertagung-vogelanprall-04-09.pdf)

Rössler, M. & T. Zuna-Kratky (2004): Vermeidung von Vogelanprall an Glasflächen. Experimentelle Versuche zur Wirksamkeit verschiedener Glasmarkierungen bei Wildvögeln. Wiener Umwelthanwaltschaft, Wien. 40 pp. Online: [www.wien.gv.at/wua/pdf/studie-roessler-zuna.pdf](http://www.wien.gv.at/wua/pdf/studie-roessler-zuna.pdf)

Rössler, M. (2005): Vermeidung von Vogelanprall an Glasflächen. Weitere Experimente mit 9 Markierungstypen im unbeleuchteten Versuchstunnel. Wiener Umwelthanwaltschaft, Wien. 27 pp. Online: [www.wien.gv.at/wua/pdf/studie-roessler.pdf](http://www.wien.gv.at/wua/pdf/studie-roessler.pdf)

Rössler, M., W. Laube & P. Weihs (2007): Vermeidung von Vogelanprall an Glasflächen. Experimentelle Untersuchungen zur Wirksamkeit von Glasmarkierungen unter natürlichen Lichtbedingungen im Flugtunnel II. Wiener Umwelthanwaltschaft, Wien. 56 pp. Online: [www.wien.gv.at/wua/pdf/studie-roessler-2007.pdf](http://www.wien.gv.at/wua/pdf/studie-roessler-2007.pdf)

Rössler, M. & W. Laube (2008): Vermeidung von Vogelanprall an Glasflächen. Farben – Glasdekorfolie – getöntes Plexiglas; 12 weitere Experimente im Flugtunnel II. Niederösterreichische Umwelthanwaltschaft mit Beteiligung der Wiener Umwelthanwaltschaft, der Tierschutzombudsstelle der Gem. Wien und der Evonik Ges.m.b.H., Gramatneusiedl. Wien. 36 pp. Online: <http://wua-wien.at/home/images/stories/tierschutz/vogelschlagstudie-2008.pdf>

Schmid, H., P. Waldburger & D. Heynen (2008): Vogelfreundliches Bauen mit Glas und Licht. Schweizerische Vogelwarte Sempach. 49 pp.

Sheppard C. & M. Rössler (2009): Can we make glass safe for birds? Oral presentation at the 127<sup>th</sup> meeting of the American Ornithologists Union (AOU), 12<sup>th</sup> – 15<sup>th</sup> August 2009, Philadelphia, PA. Abstract online: <http://www.birdmeetings.org/aou2009/viewabstract2.asp?AbstractID=5431>