

**VOGELANPRALL AN GLASFLÄCHEN**  
**PRÜFBERICHT**

**ORNILUX MIKADO**

Prüfung im Flugtunnel II  
der Biologischen Station Hohenau-Ringelsdorf

**Martin Rössler**

im Auftrag der

**Wiener Umweltschutz**

Wien, Februar 2012



# INHALTSVERZEICHNIS

<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>4</b>
<b>1 AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>5</b>
<b>2 METHODE.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Versuchs-Prinzip: Wahlversuch im Flugtunnel.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Tunnelversuche in Hohenau-Ringelsdorf.....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Unterschiedliche Versuchsanordnungen für verschiedene Fragestellungen.....</b>	<b>7</b>
2.3.1 Versuch nach ONR 191040 („ONR-Versuch“) .....	9
2.3.2 „Lärmschutzwand-Versuch“ .....	10
2.3.3 „Fenster-Versuch“ .....	11
<b>2.4. Kontrollversuche und Referenzversuche.....</b>	<b>13</b>
2.4.1 Kontrollversuche.....	13
2.4.2 Referenzversuche .....	13
<b>2.5. Versuchsbegleitende Messungen, Protokollierung und Videodokumentation.....</b>	<b>13</b>
2.5.1 Strahlungsmessung.....	13
2.5.1.1 Messung der Globalstrahlung .....	13
2.5.1.2. Messung der Lichtintensität des Scheibenhintergrundes .....	13
2.5.2 Protokollierung .....	14
2.5.3 Videodokumentation .....	14
<b>2.6. Datenauswertung.....</b>	<b>14</b>
2.6.1 Videoauswertung.....	14
<b>2.7 Prüf- und Referenzscheiben .....</b>	<b>15</b>
2.7.1 Ornilux Mikado .....	15
2.7.2 Markierte Scheiben für Referenzversuche – Punkte schwarz-orange.....	15
2.7.3 Referenzscheiben – Floatglas unmarkiert.....	16
<b>2.8 Ablauf der Untersuchungen.....</b>	<b>16</b>
2.8.1 Untersuchungszeitraum und Datenzusammensetzung .....	16
2.8.2 Tageszeitliche Verteilung der Einzelversuche.....	17
2.8.3 Lichtverhältnisse .....	17
2.8.4 Versuchsvögel .....	19

<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>20</b>
<b>3.1</b>	<b>Methodische Integrität der Versuche</b>	<b>20</b>
3.1.1	Verteilung der Prüfscheibe auf die linke und rechte Seite	20
3.1.2	Verteilung der Anflüge auf linke und rechte Seite	21
3.1.3	Verteilung der Entscheidungen zur Referenzscheibe / zur Prüfscheibe auf linke und rechte Seite	21
<b>3.2</b>	<b>Prüfergebnisse</b>	<b>21</b>
3.2.1	Welche Ergebnisse sind zu erwarten?	21
3.2.1.1	ONR-Versuch	21
3.2.1.2	Versuche mit Spiegelungen	22
3.2.3	Ergebnisse für Ornilux differenziert nach Lichtverhältnissen	22
3.2.3.1	Einfluss von diffusem Licht und Sonneneinstrahlung	22
3.2.3.2	Einfluss der Globalstrahlung	23
3.2.3.3	Einfluss der Lichtintensität des Scheibenhintergrundes	24
<b>3.3</b>	<b>Ergebnisse der Referenzversuche</b>	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>DISKUSSION UND ABSCHLIESSENDE BEURTEILUNG</b>	<b>25</b>
<b>4.2</b>	<b>Wie sind bisherige Untersuchungen einzuschätzen?</b>	<b>25</b>
<b>4.3</b>	<b>Neubewertung der Tunnelversuche von Ley</b>	<b>26</b>
<b>4.4</b>	<b>Interpretation der Referenzversuche</b>	<b>27</b>
<b>4.5</b>	<b>Beurteilung von Ornilux Mikado</b>	<b>27</b>
<b>5</b>	<b>LITERATUR</b>	<b>28</b>

## ZUSAMMENFASSUNG

Ornilux Mikado, vom Hersteller als „Vogelschutzglas“ bezeichnet, wurde in drei standardisierten Versuchsreihen untersucht. Es sollte die Frage geklärt werden, ob Vögel in der Lage sind, die laut Hersteller mit UV-wirksamen Beschichtungen versehene Scheibe in ausreichendem Ausmaß als Hindernis zu erkennen und ob das Spezialglas in der Lage ist, Vogelanprall wirksam zu reduzieren. Die Scheibe wurde auf drei Arten geprüft: Zusätzlich zu dem in Österreich durch die Technische Regel ONR 191040 geregelten Prüfverfahren wurde in zwei weiteren experimentellen Schritten untersucht, welchen Einfluss Spiegelungen auf den Scheiben haben können. Begleitend zur Ornilux-Untersuchung wurden Referenzuntersuchungen mit einer gut untersuchten und als hoch wirksam eingestuften sichtbaren Markierung durchgeführt. Auf Basis der vorliegenden Untersuchungen kann nicht nachvollzogen werden, wodurch das Prädikat „Vogelschutzglas“ zu rechtfertigen ist. Ornilux Mikado ist nach den vorliegenden Ergebnissen unter Ausschaltung von Spiegelungen vor natürlichem Hintergrund schwach wirksam, allerdings reicht das Ergebnis nicht entfernt an jenes hoch wirksamer Markierungen heran. Werden Spiegelungen von Himmel und Vegetation in den Versuch integriert, kann keine Wirksamkeit mehr erkannt werden: Vögel unterscheiden die Ornilux-Scheibe nicht von unmarkiertem Fensterglas.

# 1 AUFGABENSTELLUNG

**Wortlaut des Auftrages:** Die Biologische Station Hohenau-Ringelsdorf wurde von der Wiener Umweltschutzbehörde beauftragt, „das als „Vogelschutzglas“ bezeichnete Verbundglas Ornilux Mikado (Hersteller: Glaswerke Arnold) hinsichtlich seiner Wirksamkeit zu testen. Da frühere Prüfungen hinsichtlich ihrer Ergebnisse öffentlich nicht verfügbar sind, Ornilux Mikado aber beworben und in naturräumlich sensiblen Gebieten eingesetzt wird, soll eine vom Hersteller unabhängige Prüfung des Glases in Hohenau stattfinden.“ (WUA, Juni 2011).

Unter „Wirksamkeit“ wird im Folgenden die Wirksamkeit einer Markierung zur Verminderung von Vogelanprall verstanden. Bei Ornilux Mikado ist die Markierung eine spezielle Beschichtung im Inneren des Isolierglases.

**Wortlaut der Produktwerbung:** Nach Darstellung der Herstellerfirma können „Vögel diese Beschichtung erkennen, weil sie im UV-Bereich sehen können. Für Menschen hingegen ist sie transparent oder wie bei Ornilux Mikado nahezu unauffällig. Dabei ist die Beschichtung nicht vollflächig aufgebracht, sondern partiell zum Beispiel in einer filigranen 'Mikado-Struktur'.“ (Glaswerke Arnold, Oktober 2010: [http://www.isolar.de/media/ORNILUX\\_03-2010.pdf](http://www.isolar.de/media/ORNILUX_03-2010.pdf) - Zugriff:2012-02-06).

Ornilux Mikado kam 2009 auf den Markt. Das Glas ist mit einer Spezialbeschichtung versehen.

**Vogelschutzglas:** Ornilux wird als „Vogelschutzglas“ beworben. In Österreich besagt die Technische Regel ONR 191040, dass der Begriff „Vogelschutzglas“ im Sinne der ONR gilt, wenn in einem der Technischen Regel entsprechenden Wahlversuch nicht mehr als 10% der Prüfvögel die markierte Scheibe anfliegen. (Austrian Standards Institute, 2010).

## Fragestellungen für die vorliegende Untersuchung:

- 1) Wird Ornilux Mikado unter Ausschluss von Spiegelungen von Vögeln als Hindernis erkannt?
- 2) Wird Ornilux Mikado in einem der ONR 191040 entsprechenden Wahlversuch von nicht mehr als 10% der Prüfvögel angefliegen?
- 3) Wie wirksam ist Ornilux Mikado im Vergleich zu (anderen) hoch wirksamen Markierungen?
- 4) Wird Ornilux Mikado unter Einbeziehung von Spiegelungen von unmarkierten Glasflächen unterschieden?

Fall 1: vor hellem, natürlichem Hintergrund – Anwendungsidee Freiland (z.B. Lärmschutzwand)

Fall 2: vor schwach belichtetem Hintergrund – Anwendungsidee Gebäude (Fenster, Fassade)

**Geprüft wurde:** handelsübliches Ornilux Mikado Isolierglas (Ornilux Neutralux 1.1) – Stand: Juni 2011.

## 2 METHODE

### 2.1 Versuchs-Prinzip: Wahlversuch im Flugtunnel

Vögel, die sich in einem dunklen Raum befinden, haben die Tendenz, in Richtung heller Öffnungen zu entkommen. In einseitig geöffneten Tunneln kann dieses Verhalten ausgenutzt werden, um zu prüfen, ob Vögel Hindernisse, die aus transparenten Materialien bestehen, erkennen können. Wahlversuche, die diesem Design entsprechen, erlauben eine Quantifizierung der Wahrscheinlichkeit, mit der ein Vogel zwischen einem transparenten Referenzkörper (z.B. unmarkiertes Floatglas) und einem Prüfkörper (z.B. Glas mit UV-Markierungen) unterscheidet.

Bei der vorliegenden Prüfung handelt es sich um einen Wahlversuch, dessen Versuchsanordnung so ausgelegt ist, dass die für die Testvögel wahlentscheidenden Parameter möglichst (im Idealfall zu 100%) auf die Eigenschaften der Versuchsscheiben fokussiert sind; alle anderen Parameter (Störungen, Ablenkungen, Lichteinfallswinkel etc.) werden konstant gehalten. Wenn also im Wahlversuch links und rechts identische Prüfscheiben eingebaut sind (0-Versuch), muss das Ergebnis (bei hinreichend großem  $n$ ) gleichverteilt sein, also 50:50.

Wenn z.B. bekannt ist, dass Vögel Floatglas in einer bestimmten Versuchsanordnung gleich häufig anfliegen wie eine freie Öffnung (Gleichverteilung), kann ausgesagt werden, dass Vögel in dieser Versuchsanordnung Glas nicht wahrnehmen (vgl. Rössler et al. 2007: unmarkiertes Floatglas ist für Vögel nicht wahrnehmbar). Wenn in derselben Versuchsanordnung eine markierte Scheibe gleich häufig angefliegen wird wie eine unmarkierte Glasscheibe, kann ausgesagt werden, dass die geprüfte Markierung von Vögeln nicht erkannt wird. Wenn viele Versuchsserien mit unterschiedlichen Markierungen, die jeweils gegen eine unmarkierte Glasscheibe geprüft wurden, verglichen werden, können Unterschiede in der Erkennbarkeit der Markierung (Wirksamkeit zur Verhinderung von Vogelanprall) klassifiziert werden.

#### **Grundkonzept:**

- Tendenz von Vögeln, aus einem dunklen Raum ins Licht zu fliegen (Attraktor Licht)
- Hohe Effizienz bei Kombination aus Netzfang (Vogelberingungsstation, Planberingung, 360m<sup>2</sup> Japannetz) und Versuchen auf 1m<sup>2</sup> Glasfläche (auswechselbare Versuchsscheiben)
- Wahlversuch – Prüfscheibe vs. unmarkiertes Floatglas als Referenzscheibe
- Begrenzte Zahl von Variablen, große Stichprobenhäufigkeit, statistisch erfassbare Wirksamkeits-Unterschiede zwischen Markierungen
- Wildvögel, einmalige Versuche
- Große Stichproben –  $n > 80$
- Vollständige Videodokumentation aller Versuchsflüge
- Keine Kollisionen, keine Todesopfer, Vögel werden von Japannetz vor Kollision abgefangen

## 2.2 Tunnelversuche in Hohenau-Ringelsdorf

Testvögel werden am geschlossenen Ende eines 7,50m langen Flugtunnels freigelassen und fliegen mit Geschwindigkeiten von etwa 5m/sec in Richtung des vorderen offenen Endes des Tunnels (vgl. Abb. 1). Die linke Hälfte und die rechte Hälfte des Tunnel-Endes werden von zwei unterschiedlichen Scheiben – einer unmarkierten Floatglas-Referenzscheibe auf der einen und der Prüfscheibe auf der anderen Seite – eingenommen (vgl. Abb. 2). Dahinter befindet sich natürliche, weitestgehend homogene Vegetation. Reihenfolge und Einbauseite der Prüfscheiben sind randomisiert. Nach jeweils drei Einzelversuchen erfolgt ein Wechsel der Prüfscheiben. Die Flüge und das Wahlverhalten in den Einzelversuchen werden von einer Videokamera aufgezeichnet und in Zeitlupe bzw. in Flugsequenzen zerlegt kontrolliert und ausgewertet.

Die verwendeten Vögel entstammen dem Vogelfangprogramm der Beringungsstation Hohenau-Ringelsdorf. Die Vögel werden einmalig für die Prüfung herangezogen, kommen durch Sicherheitsvorkehrungen (Netz) nicht zu Schaden und werden nach dem Flug im Tunnel sofort freigelassen.

### Interpretation von Wahlversuchen

Beobachtetes Anflugverhältnis 50:50

- Falsch: „Prüfscheibe ist 50% wirksam“
- Richtig: Prüfscheibe ist unwirksam

Achtung! Im Wahlversuch wird für zwei nicht zu unterscheidende Merkmale die Zufallsverteilung (50:50) erwartet.

- Falsch: Das Produkt reduziert Vogelanprall um 50%
- Richtig: Mit standardisierten experimentellen Versuchen können verschiedene Prüfscheiben miteinander verglichen werden. Es kann nicht vorhergesagt werden, wie viele potenziell gefährdete Vögel in der Natur gerettet werden.

**Beispiel 1:** „Konkret konnte eine Reduzierung des Vogelschlags um bis zu 76% (je nach Glastype) festgestellt werden...“ Ein falsches und irreführendes Zitat auf Seite 22 in der Broschüre „Glasflächen und Vogelschutz“.

([www.windowcollisions.info/public/broschuere\\_voegel\\_glas](http://www.windowcollisions.info/public/broschuere_voegel_glas)) – Zugriff: 12.02.2012

**Beispiel 2:** „Das international einzigartige Vogelschutzglas 'Ornilux Mikado' des baden-württembergischen Glasveredlers Arnold Glas reduziert dank einer speziellen Beschichtung den Vogelschlag um 75 Prozent.“

([www.ornilux.de/cms.asp?ID=8717795&Mode=Detail&Printi=1](http://www.ornilux.de/cms.asp?ID=8717795&Mode=Detail&Printi=1)) – Zugriff: 12.02.2012

Die Beispiele beziehen sich auf ein Wahlversuchsergebnis von Ley (2006) von 24:76.

## 2.3 Unterschiedliche Versuchsanordnungen für verschiedene Fragestellungen

Der Hohenauer Flugtunnel („Flugtunnel II“) besteht seit 2006. Bis 2009 wurden ausschließlich standardisierte Untersuchungen unter Ausschluss von Spiegelungen auf den Scheiben (Vermeidung zusätzlicher Variablen) durchgeführt. Die spiegelungsfreien Versuche entsprechen der ONR 191040 und werden als „**ONR-Versuche**“

bezeichnet. Für spezielle Fragestellungen - beispielsweise ist Ornilux im Inneren des Isolierglases beschichtet, weshalb Spiegelungen auf der Oberfläche die Wirkung reduzieren können - wurde der Flugtunnel 2010 und 2011 umgebaut. Seit 2011 können experimentelle Untersuchungen durchgeführt werden, die helfen, den **Einfluss von Spiegelungen auf die Wirksamkeit von Markierungsmustern** (Markierungsmaterialien, Aufbringungsebene...) zu erfassen. Daher wurde die Prüfscheibe in der vorliegenden Untersuchung auf drei Arten (vgl. Tab.1) untersucht:

- 1) Spiegelungsfreier „idealer“ Fall (entsprechend ONR 191040),
- 2) Einbeziehung von Spiegelungen bei Durchsicht auf hellen Hintergrund (z.B. **Lärmschutzwände**),
- 3) Einbeziehung von Spiegelungen vor dunklem Hintergrund (z.B. **Fenster**).

Mit denselben Versuchsanordnungen wurden **Referenzversuche** mit Markierungen durchgeführt, deren Wirksamkeit bereits geprüft wurde. So ist es möglich, die auf Ornilux bezogenen Ergebnisse mit hoch wirksamen Markierungen zu vergleichen, welche ebenfalls durch Spiegelungen in bisher nicht bekanntem Ausmaß an Wirksamkeit verlieren können.

**Kontrollversuche** mit identischen unmarkierten Glasscheiben dienen der Überprüfung der Anlage und werden begleitend in allen Versuchsanordnungen durchgeführt.

#### **Spiegelungen auf Glas**

1) Wie entstehen Spiegelbilder?

- Spiegelungen treten gesetzmäßig auf glatten Oberflächen, wie Glas, auf.

2) Wahrgenommene „Intensität“ der Spiegelbilder:

- Frage der Lichtverhältnisse vor und hinter der Scheibe

Je heller der Vordergrund und je dunkler der Hintergrund desto kontrastreichere Spiegelungen treten auf.

- Frage der Wahrnehmung – Fokussierung

Spiegelbild und Hintergrund können sich überlagern. Durch Fokussierung kann man zwischen Spiegelung und Hintergrund visuell hin und her springen.

3) Wie können Spiegelbilder die Wirkung einer Markierung beeinflussen?

- Markierungen, die auf der Rückseite der Glasscheibe angebracht sind, können durch Spiegelungen, die auf der Vorderseite der Glasscheibe auftreten, Kontrast und Wirkung verlieren.
- Helle (z.B. weiße) Markierungen können gegen die Spiegelungen hellen Himmels auf der Glasscheibe Kontrast und Wirkung verlieren.



Tabelle 1: Charakteristik der drei Versuchsanordnungen der vorliegenden Studie.

Versuchsanordnung	Spiegelungen	Hintergrund
„ONR“	nein	natürliche Vegetation, natürlich hell
„Lärmschutzwand“	ja (i.d.R. schwach kontrastierend)	natürliche Vegetation, natürlich hell
„Fenster“	ja (i.d.R. stark kontrastierend)	Tarnnetz, Raum hinter den Prüfscheiben auf ca. 10% der Umgebung verdunkelt ( $<25\text{W/m}^2$ )

### 2.3.1 Versuch nach ONR 191040 („ONR-Versuch“)

Abb. 1 zeigt eine Ansicht des ONR-Flugtunnels. Um die Prüfscheiben gleichmäßig zu beleuchten, wird Sonnenlicht über zwei Spiegel parallel und symmetrisch auf die  $90^\circ$  zur Flugachse der Testvögel stehenden Prüfscheiben gerichtet. Da sich der Sonnenstand kontinuierlich ändert, wird der Tunnel auf einem Drehkranz gelagert und laufend der Sonne nachgeführt, wobei die Richtung der Sonnenstrahlen parallel zur Richtung der Flugachse der Vögel ist (Abb. 2).

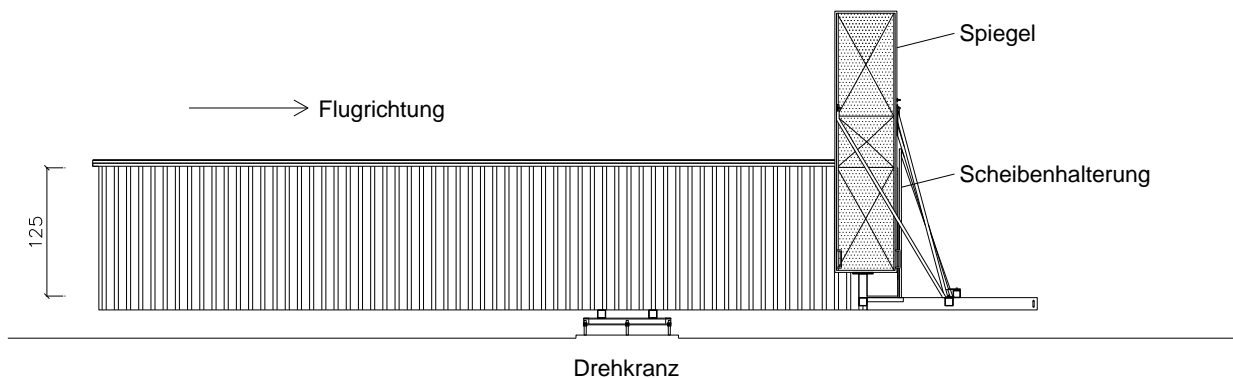


Abbildung 1: Flugtunnel II der Biologischen Station Hohenau-Ringelsdorf im ONR-Versuch mit seitlichen Spiegeln.

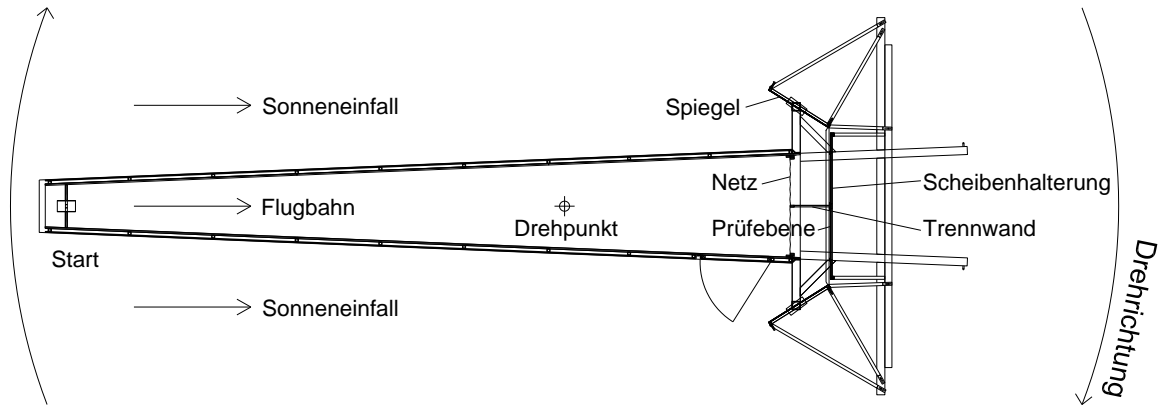


Abbildung 2: Horizontaler Schnitt durch Flugtunnel II im ONR-Versuch. Der gesamte Tunnel ist auf einem Drehkranz gelagert und wird mit dem Stand der Sonne im Uhrzeigersinn weiterbewegt. Die Richtung des Sonnenlichts ist immer parallel zur Flugachse der Vögel. Die Prüfebene wird über seitliche Spiegel mit natürlichem (Sonnen-) Licht beleuchtet.

### 2.3.2 „Lärmschutzwand-Versuch“

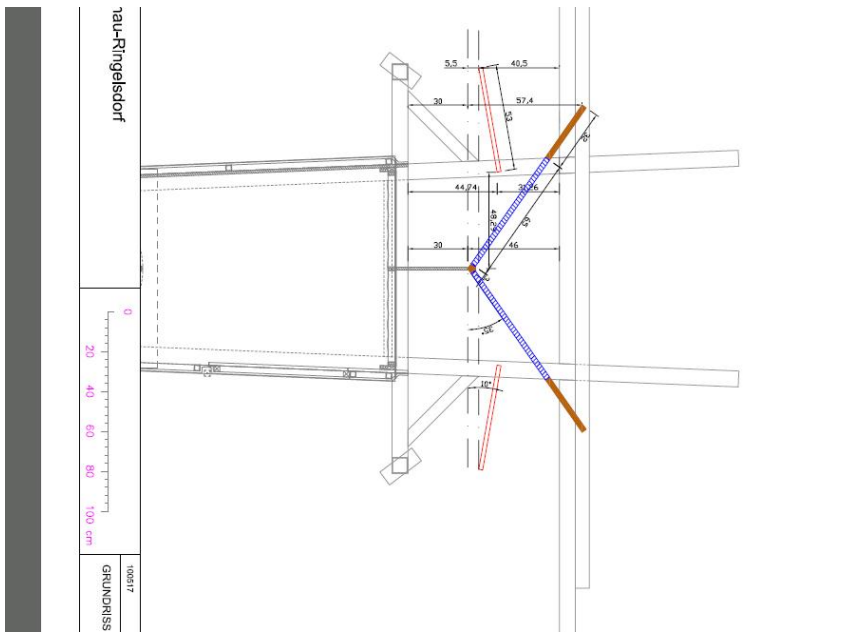


Abbildung 3: Horizontaler Schnitt durch Flugtunnel II – Modifikation LSW-Versuch. blau: Prüf- und Referenzscheibe, braun: Scheibhalterung, Sichtblende für Hintergrund und Himmel, rot: seitliche Sichtblende

Eine in manchen Fällen kritische Einschränkung des ONR-Versuchs ergibt sich bei der Beurteilung der Wirkung von Spiegelungen auf den Scheiben. So kann etwa die Spiegelung hellen Himmels zu einer Reduzierung der Kontraste von weißen Markierungen führen. Auch können Markierungen auf Ebene 2 (Rückseite) von Spiegelungen auf Ebene 1 (Vorderseite) überlagert und ihre Wirkung aufgehoben werden. Die Versuchsanordnung „Lärmschutzwand“ (LSW) lässt zusätzliche Variable zu, um Spiegelungen auf den Scheiben in die

Versuchsanordnung zu integrieren. Dazu werden Referenzscheibe und Prüfscheibe im Winkel von 35° zur Flugachse montiert (Abb. 3) und erzeugen, ähnlich wie Seitenspiegel beim Auto, im Auge des Vogels (in der Regel schwache) Spiegelbilder, die Teile des Hintergrundes überlagern können. Die Nachführung entsprechend Sonnenstand wird auch bei der Versuchsordnung „Lärmschutzwand“ beibehalten, um den Winkel des Lichteinfalls hinter den Scheiben konstant zu halten. Blenden verhindern, dass die Wahlentscheidungen von unkontrollierbarer Sicht der Vögel an den Scheiben vorbei auf Himmel und Vegetation beeinflusst werden. Für diese Versuchsordnung gab es bisher noch keine Vergleichsergebnisse. Daher wurden Referenzversuche mit gut untersuchten Markierungen durchgeführt. (vgl. 3.3).

### **2.3.3 „Fenster-Versuch“**

Da im Hintergrund von Bauwerk-Fassaden oder Fenstern nur geringe Lichtintensitäten herrschen, treten an den Glasflächen häufig deutliche Spiegelungen auf. Die Spiegelungen werden durch geringere Überstrahlung deutlicher sichtbar als bei freistehenden Scheiben vor hellem Hintergrund (vgl. „Lärmschutzwand-Versuch“). Für Vögel entsteht die Illusion freien Lebensraumes. Beim Versuch nach ONR 191040 („ONR-Versuch“) sind spiegelnde Reflexionen ausgeschlossen. Der „Fenster-Versuch“, eine Modifikation des ONR-Versuchs für spezielle Fragestellungen, lässt als zusätzliche Variablen Spiegelungen auf den Scheiben zu. Referenzscheibe und Prüfscheibe werden im Winkel von 35° zur Flugachse montiert. Die Abdunkelung des Raumes hinter den Versuchsscheiben bewirkt kontrastreiche Spiegelungen, wie sie auf Fenstern entstehen. Zur Abdunkelung des Hintergrundes wird durch Montage von Seitenwänden, Dach und einem Tarnnetz eine abgeschlossene Kammer erzeugt, in der durch indirekten Lichteinfall die Lichtintensität auf den Zielwert von  $<25\text{W/m}^2$  begrenzt wird. Die Entscheidung, im Hintergrund ein Lichtflecken erzeugendes Tarnnetz anzubringen, trägt dem Umstand Rechnung, dass Spiegelungen häufig, aber nicht zwingend auftreten. Bereiche unterschiedlicher Helligkeit entsprechen eher den gewöhnlich hinter Fenstern bestehenden Verhältnissen. Ein gleichmäßig dunkler Hintergrund hätte bei fehlender Spiegelung von sich aus eine abschreckende Wirkung. Abb. 4 zeigt den Fluchtunnel mit Drehpunkt und rückwärtigen Aufbauten, Abb. 5 zeigt die rückwärtigen Aufbauten detaillierter.

Damit verhindert wird, dass die Testvögel an den schräg zur Flugachse stehenden Scheiben vorbei Vegetation und Himmel sehen und ihre Entscheidung unabhängig von den Prüfscheiben treffen, müssen Sichtblenden entsprechend den Sichtachsen der Vögel montiert werden (Abb. 3 und 5). Die beiden vor den Prüfscheiben positionierten seitlichen Blenden erzeugen zwangsläufig Spiegelungen auf den Versuchsscheiben. Durch optimale Ausrichtung wurden die störenden Spiegelungen minimiert. Die Nachführung und Ausrichtung des Tunnels nach dem Sonnenstand wird beibehalten, um unsymmetrischen Lichteinfall zu vermeiden. Es fällt nie direktes Sonnenlicht auf die Prüfscheiben.



Abbildung 4: Fluchtunnel mit Blenden- und Beschattungs-konstruktion am Tunnelende. Rechts der Bildmitte ist das Fundament des Drehkranzes zu sehen.



Abbildung 5: Blenden (schwarze Platten) schränken die Sicht des Vogels auf die Glasscheiben ein. Die Seitenwände (weiße Platte) und das Tarnnetz (grüner Vorhang) reduzieren die Lichtintensität im Tunnelhintergrund auf  $\leq 25\text{W/m}^2$ .

Abb. 6 und 7 zeigen die montierten Prüfscheiben aus der Sicht eines Vogels, kurz bevor er vom Netz abgefangen wird. In Abb. 6 wurde die linke Seite freigelassen und der Hintergrund ist ungehindert sichtbar. In Abb.7 befindet sich links die unmarkierte Referenzscheibe, rechts die Prüfscheibe Ornilux Mikado. Auf beiden Scheiben spiegelt sich Vegetation und Himmel aus Bereichen seitlich des Tunnels. Zudem sind Lichtflecken in den Spiegelbildern zu erkennen, die von Hintergrundlicht, das durch das Tarnnetz fällt, erzeugt werden.



Abbildung 6: Tunnel-Ende mit Scheibenhaltung und abgedunkeltem Bereich im Hintergrund der Scheiben. Links: keine Scheibe, freie Sicht auf Tarnnetz (künstlicher Hintergrund mit Lichtflecken); rechts: Referenz-Prüfscheibe Schwarz/Orange, Spiegelung von Vegetation rechts außen. Der schwarze vertikale Balken ist die Spiegelung der rechten Blende, die von rechts ins Bild ragt.



Abbildung 7: Tunnel-Ende mit Scheibenhaltung und Prüfscheiben. Links Referenzscheibe Floatglas; rechts: Prüfscheibe Ornilux Mikado. Auf beiden Scheiben spiegeln sich Vegetation und Himmel, der Hintergrund der Scheiben ist nur an einzelnen Lichtflecken erkennbar. Die Kontraste sind auf der Prüfscheibe (re.) geringer als auf der Referenzscheibe (li.). Mögliche Einflüsse unterschiedlicher Vegetationshöhe werden durch konstantes Drehen des Tunnels und die gleich häufige Positionierung der Prüfscheiben auf der linken und der rechten Seite ausgeglichen.

## **2.4. Kontrollversuche und Referenzversuche**

Die Untersuchung der Ornilux-Scheiben wurde von Kontroll- und Referenzversuchen begleitet. Kontrollversuche dienen der Überprüfung der Versuchsanlage, Referenzversuche dienen einer besseren Beurteilbarkeit der Versuchsergebnisse.

### **2.4.1 Kontrollversuche**

Kontrollversuche dienen der Ermittlung von unerkannten systematischen Störungen der Symmetrie der Anlage während des Versuchszeitraumes. Die im Untersuchungszeitraum zufällig verteilten Kontrollversuche werden mit einem identischen Scheibenpaar (zwei unmarkierte Floatglasscheiben) durchgeführt. Die Anzahl der Kontrollversuche sollte gemäß ONR 191040 mindestens 10% der regulären Prüfungen betragen. Es wird Gleichverteilung erwartet.

### **2.4.2 Referenzversuche**

Da die Versuchsaufbauten „Lärmschutzwand“ und „Fenster“ in diesem Jahr erstmalig zum Einsatz kamen, war es notwendig, Referenzversuche mit wenigstens einer bekannten Markierung durchzuführen und zu dokumentieren, ob und wie stark Spiegelungen die Wirksamkeit bekannter, hoch wirksamer Markierungen beeinflussen.

Wir haben die Referenzversuche mit der Bedruckung „Punkte schwarz-orange“ durchgeführt. „Punkte schwarz-orange“ wurden 2009 geprüft (vgl. Rössler 2010: „Punkte schwarz-orange R2“). Im ONR-Versuch flogen nur 2,4% der Vögel zur Prüfscheibe. Die Markierung wurde als Referenz für „Lärmschutzwand“- und „Fenster-Versuch“ verwendet, sowohl in der Variante einer bedruckten Floatglasscheibe als auch in der Variante einer innenseitig bedruckten Isolierglasscheibe. Die bedruckte Floatglasscheibe wurde in zwei Versuchsreihen untersucht, sowohl mit Bedruckung auf der Vorderseite (Ebene 1) als auch mit Bedruckung auf der Rückseite (Ebene 2), um die Wirkung von Spiegelungen zu vergleichen. Die Markierung ist in 2.7.2 beschrieben (Abb. 11).

## **2.5. Versuchsbegleitende Messungen, Protokollierung und Videodokumentation**

### **2.5.1 Strahlungsmessung**

Zur Messung der Strahlung wurden zwei Silizium Photovoltaik Sensoren (Environmental Measurement Systems EMS 11) am Tunnel montiert. Die Sensoren messen die insgesamt einfallende Energie der Strahlung zwischen 400 und 1.100nm. Die Messintervalle betragen zehn Sekunden, die Messungen werden als Minutenmittelwerte auf einem Datenlogger (EMS Mini Cube) registriert, alle zwei Wochen ausgelesen und auf externem PC gespeichert.

#### **2.5.1.1 Messung der Globalstrahlung**

Für die Messung der Globalstrahlung befindet sich ein Sensor etwa 2m über dem Boden, die Messebene ist horizontal, gemessen wird die Summe aus diffuser Himmelsstrahlung und direkter Sonnenstrahlung (Abb. 8).

#### **2.5.1.2. Messung der Lichtintensität des Scheibenhintergrundes**

Für die Messung der Lichtintensität des Scheibenhintergrundes, der in der Sichtachse des Testvogels aus einer Kombination aus Himmel und Vegetation besteht, wurde der Sensor auf der Mittelachse des Tunnels in ca. 50cm Höhe befestigt und 30° nach oben geneigt (Abb. 9).



Abbildung 8: Photovoltaik-Sensor zur Messung der Globalstrahlung.



Abbildung 9: Photovoltaik-Sensor zur Messung der Strahlung hinter den Versuchsscheiben.

### 2.5.2 Protokollierung

Die Protokollierung der Versuche umfasst die Aufnahme relevanter Daten des Testvogels (Art, Ringnummer zur Synchronisation mit der Datenbank der Beringungsstation), Uhrzeit (zur Synchronisation mit Lichtmessung und Videodokumentation), Bewölkung, visuell beobachtete Wahlentscheidung des Testvogels und Ereignisse, welche für die Versuchsauswertung relevant sein können.

### 2.5.3 Videodokumentation

Die Versuchsflüge wurden mit einer außerhalb des Tunnels montierten und durch ein Loch in der Rückwand auf die Flugbahn der Vögel gerichteten digitalen Videokamera (Sony DCR-SX34E) im Aufnahmemodus „HQ“ (9 MBit/sec) aufgezeichnet. Die Daten wurden täglich auf externem PC gesichert.

## 2.6. Datenauswertung

Die Datenauswertung umfasst das Zusammenführen der Feldprotokolle mit den automatisch aufgezeichneten Lichtmesswerten und der Videoauswertung. Es werden nur eindeutige Entscheidungen zwischen zwei Scheiben („links“, „rechts“) herangezogen und „mittige“ Anflüge verworfen. Abgebrochene Flüge, zögerliche Annäherung, Flüge entlang der Decke oder einer der Seitenwände können nicht gewertet werden. Sofern bereits während der Versuche deutlich wurde, dass der Versuch nicht gewertet werden kann, wurde der Versuch mit einem anderen Vogel wiederholt. Flüge, bei denen Unregelmäßigkeiten erst bei der Videoauswertung festgestellt wurden (unsymmetrischer Lichteinfall, offene Türe etc.), wurden nachträglich ausgeschieden.

### 2.6.1 Videoauswertung

Mit Hilfe der Videoauswertung (nach Saisonende) werden die protokollierten visuellen Beobachtungen während der Versuchsdurchführung kontrolliert. In Zeitlupe bzw. in Sequenzen zerlegt wird jeder Testflug begutachtet und überprüft, ob der Versuch gewertet werden kann oder verworfen werden muss. Häufigster Grund für die Ungültigkeit eines Einzelversuchs ist verweigerter oder zögerlicher Flug und Landung auf oder vor dem Netz. Die Hauptaufgabe der Videoanalyse besteht darin, zu prüfen und zu entscheiden, ob in Betracht gezogen werden

muss, dass die Vögel das Netz erkannt und in einem auf das Netz bezogenen Ausweichmanöver die Seite gewechselt haben. Um diese Entscheidung zu standardisieren, gilt als Regel: plötzliche Richtungsänderung innerhalb der letzten fünf Videoframes vor Netzberührung (0,2 sec) führt zur Ausscheidung des Einzelversuchs.

## 2.7 Prüf- und Referenzscheiben

### 2.7.1 Ornilux Mikado

Abb. 10 zeigt die Prüfscheibe Ornilux Mikado. Es handelt sich um Isolierglas, in dessen Innerem in verschiedenen Ebenen spezielle Beschichtungen aufgebracht sind. Diese sind weitestgehend transparent, absorbieren UV-Strahlung und reflektieren nach Angaben des Herstellers UV. Die Beschichtung ist nicht vollflächig; ein geometrisches Muster bestehend aus über die Fläche laufenden Geraden in chaotischer Anordnung und an Mikado-Stäbchen erinnernd, ist unbeschichtet. Zwischen unbeschichteten Stellen und beschichteten Flächen sollen für Vögel wahrnehmbare Kontraste entstehen. Die Beschichtung ist mit bloßem Auge erkennbar.



Abbildung 10: Die Prüfscheibe Ornilux Mikado.

### 2.7.2 Markierte Scheiben für Referenzversuche – Punkte schwarz-orange



Abbildung 11: „Punkte schwarz-orange“ wurde im ONR-Versuch von nur 2,4% der Vögel angefliegen und war daher als Referenzscheibe für „Lärmschutzwand“- und „Fenster-Versuch“ gut geeignet. Es wurde sowohl der Fall mit Bedruckung auf der

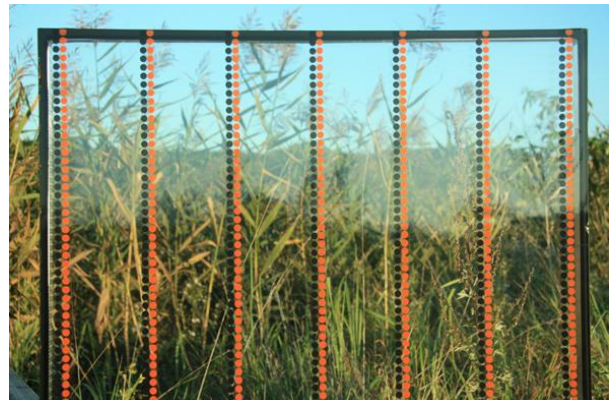
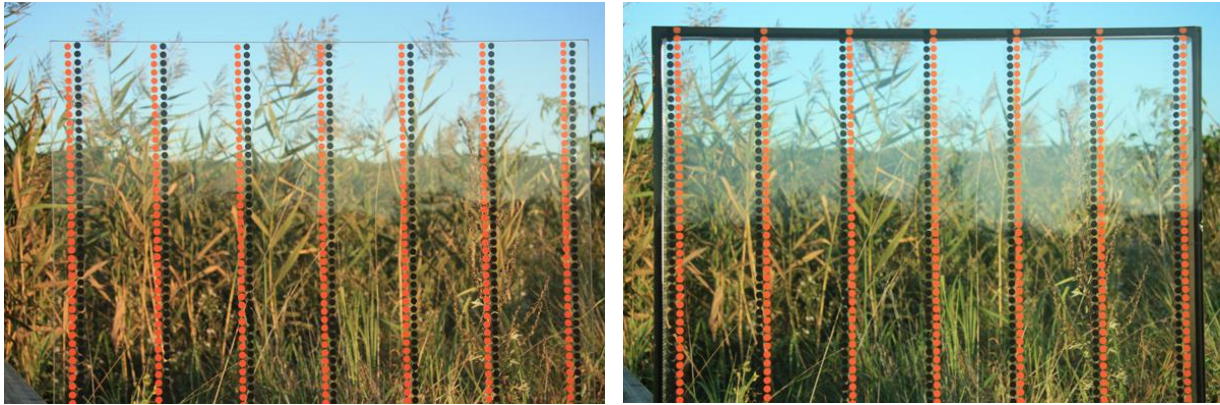


Abbildung 12: „Punkte schwarz-orange“ ausgeführt als Isolierglasscheibe (Bedruckung innen, Ebene 2), geprüft im „Lärmschutzwand-Versuch“.



Vorderseite als auch Bedruckung auf der Rückseite untersucht.

Als Markierung für die Referenzversuche wurde „Punkte schwarz-orange“ wegen seiner hohen Wirksamkeit (Rössler 2010) ausgewählt (vgl. 2.4.2). Die Markierung besteht aus paarweise vertikal angeordneten Punktkolonnen. Die Punkte sind schwarz bzw. orange und haben einen Durchmesser von 8mm. Zwischen den Punktreihenpaaren beträgt der Abstand 10cm. Die Bedruckung (Siebdruck) nimmt 9% der Gesamtfläche ein. Die Prüfscheiben wurden als bedrucktes Floatglas (Abb. 11) und als innenseitig bedrucktes 2-Scheiben-Isolierglas (Abb. 12) untersucht.

### 2.7.3 Referenzscheiben – Floatglas unmarkiert

Der Ausgang des Wahlversuchs ist bis zu einem gewissen Grad durch die Wahl der Referenzscheibe beeinflusst. Folgende Möglichkeiten bestehen: Vergleich der Prüfscheibe gegen 1) ein freies, unverglastes Vergleichsfeld, 2) unmarkiertes Floatglas, vergleichbare spiegelnde Eigenschaften wie in herkömmlichen Fenstern 3) baugleiches Glas wie Prüfscheibe ohne Vogelschutzmarkierung.

In der hier beschriebenen Versuchsserie sind die Referenzscheiben unmarkiertes 8mm Floatglas. Es muss betont werden, dass die Floatglas-Referenzscheibe beim ONR-Versuch eine andere Rolle spielt als bei den Versuchen mit Spiegelungen („Lärmschutzwand“ und „Fenster“). Im ersten Fall ist der Vergleichsansatz die nachgewiesene Unsichtbarkeit von Glas für Vögel (Rössler et al. 2007), wenn Spiegelungen fehlen. Die Fragestellung im ONR-Versuch: „Nehmen Vögel die Markierung wahr?“ In den beiden anderen Fällen ist das optische Verhalten einer unmarkierten Scheibe der Vergleichsansatz. Die Fragestellung im „Lärmschutzwand-“ und im „Fenster-Versuch“: „Wird die markierte Scheibe von Vögeln besser erkannt als eine unmarkierte Floatglasscheibe?“ Da Spiegelungen auf Glasscheiben eine wesentliche Ursache für Kollisionen sind, ist es gerechtfertigt, eine vergleichbare Situation als Referenz anzunehmen und zu prüfen, ob eine spezielle Prüfscheibe (deutlich) bessere Erkennbarkeit zeigt.

## 2.8 Ablauf der Untersuchungen

### 2.8.1 Untersuchungszeitraum und Datenzusammensetzung

Von insgesamt 268 Versuchsflügen im Zeitraum 15.07. – 18.09.2011 konnten nach abschließender Videoanalyse 226 Einzelversuche (84,3%) zur Auswertung herangezogen werden (Tab. 2). 32 Vögel (11,9%) verweigerten den Flug oder flogen nur zögerlich zum Netz, 5 Testvögel (1,9%) flogen mittig an und 5 Anflüge (1,9%) wurden auf Basis der Videoanalyse wegen wahrscheinlicher Netzerkennung ausgeschieden.

Tabelle 2: Untersuchungszeiträume und Zahl gültiger und als ungültig ausgeschiedener Einzelversuche mit Ornilux Mikado.



Versuchsaufbau	Untersuchungszeitraum	gültig	ungültig	Summe
ONR	21.08. – 05.09.	86	11	97
Lärmschutzwand	15.07. – 23.07.	59	15	74
Fenster	29.07. – 13.09. 16.09. – 18.09.	81	16	97
<b>Summe</b>		<b>226</b>	<b>42</b>	<b>268</b>

### 2.8.2 Tageszeitliche Verteilung der Einzelversuche

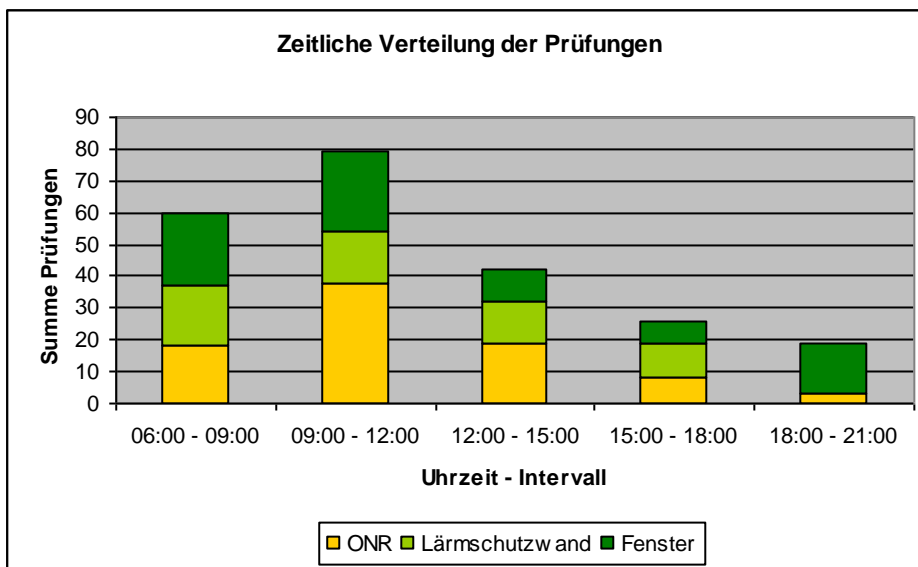


Abbildung 13: Tageszeitliche Verteilung der gültigen Einzelprüfungen von Ornlux Mikado.

Die Versuche fanden in Abhängigkeit von den jeweils herrschenden Sonnenaufgangs-Zeitpunkten, den jeweiligen Tageslängen und der zeitlichen Verteilung der Netzfänge statt. Die zeitliche Verteilung der Einzelversuche entspricht größenordnungsmäßig der täglichen Aktivitätsverteilung der Vögel im Freiland (Abb. 13). Etwa 60% der Versuche fanden am Morgen und Vormittag (bis 12:00 MESZ) statt.

### 2.8.3 Lichtverhältnisse

In Tab. 3 wird die Anzahl der Versuche bei Sonne bzw. diffusem Licht, bei geringer und großer Globalstrahlung und bei geringer und großer Lichtintensität im Hintergrund der Scheiben gezeigt. Die Grenzwerte von 400W/m<sup>2</sup> für die Globalstrahlung und 60 bzw. 70W/m<sup>2</sup> für den Scheibenhintergrund begründen sich in der Verteilung der Lichtwerte über die gesamte Saison, sodass die Hälfte aller in diesem Jahr durchgeführten Versuche unter bzw. über diesem Grenzwert liegt.

Die Prüfscheiben werden nie direkt von der Sonne angestrahlt, um harte Schatten auf den Markierungen zu vermeiden. Diffuses Licht oder Sonnenlicht auf der Umgebungsvegetation haben aber Einfluss auf die Spiegelungen auf den Prüfscheiben. Ein Fünftel (20%) der Untersuchungen fand bei diffusem Licht (Wolkenschatten), ein Großteil bei direkter Sonneneinstrahlung statt. Die Verteilung schwächer und stärker beleuchteten Hintergrundes und schwächerer und stärkerer Globalstrahlung sollte idealer Weise gleich sein. Bei

der Globalstrahlung ist dies in Summe der Fall, bei der Lichtintensität des Hintergrundes liegen 57% in der lichtschwächeren Klasse, wobei für den ONR-Versuch der Grenzwert bei  $70 \text{ W/m}^2$  und beim „Lärmschutzwand-Versuch“ bei  $60 \text{ W/m}^2$  angesetzt wurde. Für den „Fenster-Versuch“ ist eine Angabe der Hintergrundbeleuchtung sinnlos, da künstlich sehr lichtschwache Verhältnisse ( $< 25 \text{ W/m}^2$ ) hergestellt wurden.

Tabelle 3: Anzahl von Versuchen bei 1) diffusem Licht bzw. direkter Sonneneinstrahlung, 2) Intensität der Globalstrahlung, 3) Lichtintensität der Vegetation im Hintergrund

Versuchs- anordnung	Beleuchtung		Lichtintensität [Wm <sup>-2</sup> ]			
	diffus	Sonne	Globalstrahlung		Hintergrund	
< 400			> 400	< 70	> 70	
ONR	0	86	28	58	56	30
Lärmschutzwand	21	38	25	34	26	33
Fenster	26	55	61	20	künstlich auf < 25W herabgesetzt	
<b>Summe</b>	47	179	114	112		

#### 2.8.4 Versuchsvögel

Als Versuchsvögel wurden alle Vögel herangezogen, die im Untersuchungszeitraum an der Beringungsstation Hohenau-Ringelsdorf gefangen und beringt bzw. kontrolliert wurden und die für den Versuch geeignet waren. Daraus ergibt sich ein von den lokalen Gegebenheiten geprägtes Artengefüge von Vögeln und eine von der Beringung abhängige Reihenfolge der Versuchsvögel. Tab. 4 zeigt die Artenliste der Versuchsvögel für 226 gewertete Versuche. Insgesamt wurden 20 Vogelarten in die Versuche einbezogen.

Tabelle 4: Verteilung der Versuchsvögel (20 Arten) auf die Einzelversuche an verschiedenen Prüfscheiben.

Versuchsaufbau	ONR	Lärmschutz- wand	Fenster	Summe
Nachtigall	1			1
Blauehlchen			2	2
Gartenrotschwanz			1	1
Rohrschwirl	1	1		2
Schilfrohrsänger	15	8	9	32
Sumpfrohrsänger	17	22	29	68
Teichrohrsänger	4	1	1	6
Drosselrohrsänger	4	9	3	16
Dorngrasmücke	2	2	2	6
Gartengrasmücke	1		1	2
Mönchsgrasmücke	3		6	9
Zilpzalp	3	2		5
Fitis	1			1
Blaumeise	1	1		2

Kohlmeise			8	<b>8</b>
Beutelmeise		3		<b>3</b>
Neuntöter			3	<b>3</b>
Star			2	<b>2</b>
Feldsperling	28		11	<b>39</b>
Rohrhammer	5	10	3	<b>18</b>
<b>Summe</b>	<b>86</b>	<b>59</b>	<b>81</b>	<b>226</b>

### 3 ERGEBNISSE

#### 3.1 Methodische Integrität der Versuche

Eine Voraussetzung für die Integrität der Versuche besteht in der zufälligen Reihenfolge der einzelnen Versuche und in der gleichen Häufigkeit der Seite (links oder rechts), auf der die Versuchsscheiben im Wahlversuch angebracht wurden. Die Ausschlag gebenden Fragen sind:

- Waren die Prüfscheiben gleich häufig links und rechts montiert?
- Sind die Anflüge bei den Kontrollversuchen gleich auf die linke und die rechte Seite verteilt?
- Sind die Anflüge bei den eigentlichen Versuchen gleich auf die linke und die rechte Seite verteilt?
- Sind die Ergebnisse der Versuche (Flüge zur Referenzscheibe / zur Prüfscheibe) gleichmäßig auf die linke und die rechte Seite verteilt?

Sämtliche Daten weisen auf eine zufriedenstellende Integrität der Versuche hin. Die Ergebnisse der Überprüfungen sind in den folgenden Abschnitten dargestellt.

##### 3.1.1 Verteilung der Prüfscheibe auf die linke und rechte Seite

Unregelmäßigkeiten in der Tunnelsymmetrie und mögliche systematische Bevorzugung einer der beiden Seiten (links oder rechts), können, indem die zu prüfenden Scheiben gleich häufig links wie rechts montiert werden, kompensiert werden. Tab. 5 zeigt die Verteilung der Versuchsscheiben auf die Positionen links und rechts in 226 Versuchen. Die Versuchsscheiben waren gleichverteilt (Pearson- $\chi^2 = 0,25$ ,  $p = 0,88$ ).

Tabelle 5: Position der markierten Scheiben in 226 Wahlversuchen.

Versuchsanordnung	Links montiert	rechts montiert	Summe
ONR	38	43	81
Lärmschutzwand	30	29	59
Fenster	43	43	86
<b>Summe</b>	<b>111</b>	<b>115</b>	<b>226</b>

### 3.1.2 Verteilung der Anflüge auf linke und rechte Seite

Sofern die Versuchsanlage nicht zu einer systematischen Bevorzugung der linken oder rechten Seite führt, sollten die Kontrollversuche (zwei identische unmarkierte Floatglasscheiben) eine zufällige Verteilung der Anflüge (links/rechts) ergeben. Unter der Voraussetzung, dass die Prüfscheiben gleich häufig links wie rechts montiert sind und dass durch zufällige zeitliche Verteilung der Versuche keine Abhängigkeit von Störgrößen besteht, sollte auch die Gesamtheit der gewerteten Versuche eine Gleichverteilung der Anflüge ergeben. Sowohl die Kontrollversuche als auch die gewerteten Versuche zeigen keine Unterschiede zur Gleichverteilung der Anflüge auf die linke und die rechte Seite (Tab. 6, Pearson- $\chi^2 = 0,77$ ,  $p = 0,38$ ).

Tabelle 6: Verteilung der Anflüge bei 111 Kontrollversuchen (unmarkiert gegen unmarkiert) und 226 ausgewerteten Wahlversuchen für Ornifix Mikado

	Anflug		Summe
	links	rechts	
<b>Kontrollversuche</b> mit zwei unmarkierten Floatglasscheiben	57	54	111
<b>Ornifix Mikado</b>	103	123	226
<b>Summe</b>	160	177	337

### 3.1.3 Verteilung der Entscheidungen zur Referenzscheibe / zur Prüfscheibe auf linke und rechte Seite

Die Verteilung der Anflüge zur Ornifix-Scheibe und zur unmarkierten Referenzscheibe zeigt keine Unterschiede zur Gleichverteilung (Tab. 7, Pearson- $\chi^2 = 0,06$ ,  $p = 0,81$ ).

Tabelle 7: Verteilung der Anflüge (links/rechts) zu Ornifix Mikado und zur Referenzscheibe.

Anflug an	Anflug		Summe
	links	rechts	
Ornifix Mikado	46 (44,2)	58 (55,8)	104
Referenzscheibe	57 (46,7)	65 (53,3)	122
<b>Summe</b>	<b>103 (45,6)</b>	<b>123 (54,4)</b>	<b>226</b>

## 3.2. Prüfergebnisse

### 3.2.1. Welche Ergebnisse sind zu erwarten?

#### 3.2.1.1 ONR-Versuch

Für nicht als Hindernis erkennbare bzw. von unmarkiertem Fensterglas nicht unterscheidbare Scheiben wird zufällige Verteilung (50% der Testvögel fliegen zur Prüfscheibe) erwartet. Für sehr gut als Hindernis erkennbare oder von unmarkiertem Fensterglas unterscheidbare Scheiben wurden im ONR-Versuch in zahlreichen Fällen Anflugverhältnisse zwischen 2:98 und 10:90 beobachtet (WUA 2011). Nach ONR 191040 ist unter „Vogelschutzglas“ eine (markierte) Scheibe zu verstehen, die im Wahlversuch von nicht mehr als 10% der Vögel

angeflogen wird. Im ONR-Versuch wurde mit einer undurchsichtigen Scheibe ein Ergebnis von 0 Anflügen zur Prüfscheibe erreicht, das best mögliche erwartbare Ergebnis ist also 0% (unpubl. eigene Daten).

### 3.2.1.2 Versuche mit Spiegelungen

In den Versuchen, die Spiegelungen auf den Scheiben integrieren („Lärmschutzwand“ und „Fenster“), gibt es noch keine Vergleichszahlen aus vergangenen Jahren. Für den Versuchsaufbau mit schräg zur Flugachse stehenden Scheiben, die auch Teile der Konstruktion spiegeln, wird von vornherein ein höherer Anteil zufälliger Wahlentscheidungen erwartet als im sehr akkuraten ONR-Versuch. Es wird sich erst im Laufe hinzukommender Prüffahre mit diesen neuen Testbedingungen das „best mögliche Ergebnis“ herauskristallisieren. Für die Versuche mit Spiegelungen gibt es noch keine entsprechende Referenz-Untersuchung. Daher wurden Referenzversuche durchgeführt (vgl. 2.4.2, 2.7.2) und werden die Ergebnisse im vorliegenden Bericht dargestellt.

### 3.2.2 Allgemeine Ergebnisse für Ornilux Mikado

Tab. 8 zeigt das Prüfergebnis. 1) Im spiegelungsfreien ONR-Versuch flogen 37,2% der Vögel zur Prüfscheibe und 62,8% zur Referenzscheibe. Die Prüfscheibe Ornilux Mikado wurde also von einer unmarkierten, für Vögel nicht wahrnehmbaren Glasscheibe unterschieden und in geringem Maße gemieden. 2) Bei der Versuchsanordnung „Lärmschutzwand“ flogen 45,8% der Vögel die Ornilux-Scheibe an, das Ergebnis unterscheidet sich nicht signifikant von zufälliger Verteilung der Anflüge. 3) Beim Versuch „Fenster“ flogen 55,6% der Vögel die Ornilux-Scheibe an. Die Prüfscheibe wird nicht von einer unmarkierten Floatglasscheibe unterschieden.

Tabelle 8: Verteilung der Anflüge zur Prüf- und zur Referenzscheibe, Exakter Binomialtest für Gleichverteilung.

Versuchsaufbau	Summe	Anflug zu			Binomial test
		Referenzscheibe	Prüfscheibe	Prüfscheibe [%]	p
ONR (keine Spiegelungen, heller natürlicher Hintergrund)	86	54	32	37,2	0,02
Lärmschutzwand (Spiegelungen, heller natürlicher Hintergrund)	59	32	27	45,8	0,60 (n.s.)
Fenster (Spiegelungen, Hintergrund <25W/m <sup>2</sup> )	81	36	45	55,6	0,37 (n.s.)
<b>Summe</b>	<b>226</b>	<b>122</b>	<b>104</b>		

### 3.2.3 Ergebnisse für Ornilux differenziert nach Lichtverhältnissen

Eine Analyse nach unterschiedlichen Beleuchtungsverhältnissen kann eventuell weiter gehende Einblicke in die Wirkungsweise der Prüfmuster geben. Zu beachten sind die durch die Aufsplitterung des Gesamtergebnisses geringen Stichprobengrößen, die in einigen Fällen keine eindeutigen Resultate zulassen.

#### 3.2.3.1 Einfluss von diffusem Licht und Sonneneinstrahlung

Die ONR-Versuche (21.08. bis 05.09.2011) fielen in eine trockene Witterungsperiode und fanden ausschließlich bei Verhältnissen mit direkter Sonneneinstrahlung statt. Daher kann in diesem Fall nicht näher nach diffusen

Lichtverhältnissen vs. Sonneneinstrahlung differenziert werden. Für die Versuche mit Spiegelungen können Unterschiede geprüft werden. Bei diesen Versuchen sind die Prüfscheiben vom Einfall direkten Sonnenlichtes abgeschirmt. Sonneneinstrahlung bzw. diffuse Lichtverhältnisse haben aber auf die Helligkeit und Kontraste der Vegetation, die sich in den Scheiben unter den gewählten Prüfbedingungen spiegelt, einen großen Einfluss. Es zeigt sich in der Versuchsanordnung „Lärmschutzwand“ bei geringen Stichprobengrößen kein erkennbarer Effekt: 42,9% bzw. 47,4% der Vögel flogen zur Prüfscheibe. In der Versuchsanordnung „Fenster“ mit schwach belichtetem Hintergrund flogen bei diffusem Licht 38,5% der Vögel zur Prüfscheibe, bei direkter Sonneneinstrahlung flogen 63,6% zur Ornilux-Scheibe; (Tab. 9, Pearson  $\chi^2 = 3,57$ ,  $p=0,059$ ).

Tabelle 9: Anflüge zur Prüfscheibe bei diffusem Licht und Sonneneinstrahlung.

Prüfscheibe	Lichtverhältnisse				Gesamtergebnis	
	diffus		Sonne		n	Anflug zu Prüfscheibe [%]
	n	Anflug zu Prüfscheibe [%]	n	Anflug zu Prüfscheibe [%]		
ONR			86	37,2	86	37,2
Lärmschutzwand	21	42,9	38	47,4	59	45,8
Fenster	26	38,5	55	63,6	81	55,6
<b>Summe</b>	47		179		226	

### 3.2.3.2 Einfluss der Globalstrahlung

Tabelle 10: Verteilung von Anflügen zur Prüfscheibe bei verschiedener Helligkeit (auf horizontaler Ebene gemessene Globalstrahlung).

Prüfscheibe	Globalstrahlung				Gesamtergebnis	
	< 400 Wm <sup>-2</sup>		> 400 Wm <sup>-2</sup>		n	Anflug zu Prüfscheibe [%]
	n	Anflug zu Prüfscheibe [%]	n	Anflug zu Prüfscheibe [%]		
ONR	28	53,6	58	29,3	86	37,2
Lärmschutzwand	25	44,0	34	47,1	59	45,8
Fenster	61	53,3	20	65,0	81	56,3
Summe	114		112		226	

Der Einfluss der Globalstrahlung auf die Versuchsergebnisse ist in Tab. 10 dargestellt (Festlegung der Grenzwerte siehe 2.8.4). Bei Werten unter 400W/m<sup>2</sup> gibt es in allen Fällen keine Hinweise, dass die Prüfscheibe als Hindernis erkannt bzw. von einer unmarkierten Floatglasscheibe unterschieden wird. Bei Strahlungswerten >400W/m<sup>2</sup> wird sie im ONR-Versuch von 29,1% der Vögel angefliegen, in diesem Fall ist der Unterschied zum Ergebnis bei geringerer Globalstrahlung signifikant (Fisher's Exact Test, n=86, p=0,0348). In den Versuchen, die die Wirkung der in Freilandbedingungen auftretenden Spiegelungen prüfen („Lärmschutzwand“, „Fenster“), zeigt sich kein von den Strahlungsverhältnissen abhängiger Unterschied.

### 3.2.3.3 Einfluss der Lichtintensität des Scheibenhintergrundes

Der Einfluss der Lichtintensität des Scheibenhintergrundes ist in Tab. 11 dargestellt (Festlegung der Grenzwerte siehe 2.8.4). Im ONR-Versuch flogen bei Werten unter  $70\text{W/m}^2$  42,9% zur Prüfscheibe, bei Strahlungswerten  $>70\text{W/m}^2$  flogen 26,7% zur Prüfscheibe. Auch hier scheint hohe Globalstrahlung die Erkennbarkeit der Prüfscheibe zu verbessern, statistisch lässt sich dies bei der geringen Stichprobengröße nicht absichern (Pearson  $\text{Chi}^2=1,55$ ;  $p=0,21$ ). Bei möglichen Spiegelungen („Lärmschutzwand-Versuch“) ist das Ergebnis von der Lichtintensität im Hintergrund unbeeinflusst (Pearson  $\text{Chi}^2=0,04$ ;  $p=0,83$ ).

Tabelle 11: Verteilung der Anflüge zur Prüfscheibe bei verschiedener Lichtintensität des Scheibenhintergrundes

Prüfscheibe	Lichtintensität Scheibenhintergrund				Gesamtergebnis	
	n	Anflug zu Prüfscheibe [%]	n	Anflug zu Prüfscheibe [%]	n	Anflug zu Prüfscheibe [%]
	$< 70\text{ Wm}^{-2}$		$> 70\text{ Wm}^{-2}$			
ONR	56	42,9	30	26,7	86	37,2
	$< 60\text{ Wm}^{-2}$		$> 60\text{ Wm}^{-2}$			
Lärmschutzwand	26	46,2	33	45,5	59	45,8
Fenster	$<25\text{ W/m}^2$ - nicht differenzierbar					

### 3.3 Ergebnisse der Referenzversuche

Tabelle 12: Referenzversuche mit Markierung „Punkte schwarz-orange“. Verteilung der Anflüge zur Prüf- und zur Referenzscheibe in den Versuchsanordnungen „ONR“, „Lärmschutzwand“ und „Fenster“ und verschiedenen Bedruckungsebenen (Vorderseite und Rückseite).

Versuchsaufbau	Summe	Anflug zu		
		Referenzscheibe	Prüfscheibe	Prüfscheibe [%]
<b>ONR (Rössler 2010)</b>				
Bedruckung Vorderseite	85	83	2	2,4
<b>Lärmschutzwand</b>				
Bedruckung Vorderseite	103	89	14	13,6
Bedruckung Rückseite	113	95	18	15,9
Isolierglas Bedruckung innen	100	85	15	15,0
<b>Fenster (Spiegelungen, Hintergrund <math>&lt;25\text{W/m}^2</math>)</b>				
Bedruckung Vorderseite	76	67	9	11,8
Bedruckung Rückseite	73	58	15	20,5
	<b>550</b>	<b>477</b>	<b>73</b>	

Begleitend zur Onilux-Untersuchung wurden Referenzuntersuchungen mit einer gut untersuchten und als hoch wirksam eingestuften sichtbaren Markierung durchgeführt. Es handelt sich um hoch kontrastierende Siebdruckmarkierungen in den Farben Schwarz-Orange (vgl. 2.7.2). Die Markierung mit 9% bedruckter Fläche erreichte 2009 im ONR-Versuch (Rössler 2010) das bisher beste Ergebnis seit Beginn der Untersuchungen im Jahr



2006. Auch bei dieser Markierung ist zu erwarten, dass sie im Falle auftretender Spiegelungen weniger wirksam ist als im ONR-Versuch. Die Markierungen wurden sowohl im „Lärmschutzwand-Versuch“ als auch im „Fenster-Versuch“ mit der Bedruckung 1) auf der dem Vogel zugewandten, 2) auf der dem Vogel abgewandten und 3) im „Lärmschutzwand-Versuch“ auch mit einer Bedruckung im Inneren einer Isolierglasscheibe geprüft. Auch hier wurde gegen eine unmarkierte Floatglasscheibe getestet. Die Ergebnisse sind in Tab. 12 dargestellt.

In allen Fällen wurden die Referenzscheiben in signifikant höherem Ausmaß angefliegen als die Prüfscheiben (Exakte Binomial-Tests für alle Versuche:  $p < 0,001$ ). Beim „Lärmschutzwand-Versuch“ ist statistisch kein Unterschied zwischen den Ergebnissen mit verschiedenen Markierungsebenen (Vorder- / Rückseite) erkennbar (Pearson  $\chi^2 = 0,23$ ,  $p = 0,89$ ). Auch der „Fenster-Versuch“ zeigt keinen statistischen Unterschied (Pearson  $\chi^2 = 1,49$ ,  $p = 0,22$ ), obwohl die Daten in diesem Fall deutlich geringere Wirkung der Markierungen auf der Rückseite der Scheibe (Ebene 2) nahe legen. Hier sind weitere Experimente erforderlich, bevor eine abschließende Aussage getroffen wird.

## **4 DISKUSSION UND ABSCHLIESSENDE BEURTEILUNG**

### **4.1 Was wurde geprüft?**

Geprüft wurde handelsübliches Ornilux Mikado Isolierglas (Ornilux Neutralux 1.1, Stand: Juni 2011).

Es ist nicht bekannt, ob verschiedene Ornilux Mikado-Gläser und ob verschiedene Beschichtungen mit unterschiedlichen optischen Eigenschaften existieren, was sich eventuell auch auf die Erkennbarkeit der Beschichtungen auswirken kann (vgl. Ley 2006). Außerhalb der Herstellerfirmen sind die Kennzahlen, die sich auf Scheibenstärken, Abstände der Scheiben, Lagen der Beschichtungen etc. beziehen, schwer einzuordnen. Über die Beschichtung von Ornilux Mikado und deren optische Eigenschaften wurde bisher nichts Konkretes bekannt. Da UV-Eigenschaften mit menschlichem Auge nicht ermesselt werden können, bleibt ohne Offenlegung der Transmissions- und Reflexionseigenschaften der Beschichtungen und der Scheiben als Ganzes eine Unsicherheit bestehen.

### **4.2 Wie sind bisherige Untersuchungen einzuschätzen?**

An bisherigen Untersuchungen wurden die Testreihen von Ley (2006) und die Freilandversuche von Ley und Fiedler (2007) veröffentlicht. Ley (2006) prüfte verschiedene Prototypen von Ornilux mit Wahlversuchen in einem Flugtunnel, an dessen Design sich auch der erste Tunnel der Biologischen Station Hohenau-Ringelsdorf (Rössler & Zuna-Kratky 2004) orientiert hat. In mancher Hinsicht ergibt sich eine Vergleichbarkeit mit dem ONR-Versuch. Gravierende Unterschiede liegen in der Beleuchtung der Scheiben (Kunstlicht bei Ley, Sonnenlicht in Hohenau-Ringelsdorf) und der Helligkeitsadaptation der Vögel (bei Ley an die Dunkelheit adaptiert, in Hohenau-Ringelsdorf an das Licht außerhalb des Tunnels adaptiert). Der Freilandversuch von Ley und Fiedler (2007) mit nebeneinander montierten großformatigen Scheiben mit natürlicher Vegetation im Hintergrund entspricht in seiner Fragestellung eher unserem Versuchsansatz „Lärmschutzwand“.

Ornilux Mikado wird als Isolierglas für geschlossene Bauwerke beworben. Die vor dieser Studie zugänglichen Untersuchungen gaben aus folgenden Gründen wenig Auskunft über Ornilux Mikado:

- 1) Alle veröffentlichten Untersuchungsergebnisse bezogen sich nicht direkt auf das am Markt befindliche Ornilyx Mikado, sondern auf Vorläufer (Muster mit vertikalen Balken).
- 2) Ornilyx wurde mangels geeigneter Methoden nie für den Hauptanwendungsfall „Fenster“ geprüft. Da die Markierung bei Ornilyx Mikado im Inneren der Isolierglasscheiben liegt, war es dringend erforderlich zu klären, ob die bei Durchsicht möglicherweise bestehende Wirksamkeit der Beschichtung bei den zwangsläufig häufig auftretenden kontrastreichen Spiegelungen auf der Scheibenoberfläche nicht vollständig aufgehoben wird.
- 3) Auf Grund unserer Versuchsergebnisse muss auch eine methodische Schwachstelle der Versuche von Ley (2006) in Betracht gezogen werden. Wie im folgenden Abschnitt erläutert wird, konnte das von Ley publizierte Ergebnis in einer bestimmten Lichtsituation wiederholt werden. Diese Lichtsituation könnte einen Sonderfall darstellen.

### 4.3 Neubewertung der Tunnelversuche von Ley

Für die Tunnelversuche von Ley (2006) zeichnet sich bei differenzierter Betrachtung unserer Versuchsergebnisse eventuell eine Neubewertung ab. Das häufig zitierte von Ley erreichte Ergebnis beträgt 24% Anflug zur Prüfscheibe (von Ley mit  $v_{ei} = 0,76$ ,  $n=108$  angegeben).

Im spiegelungsfreien ONR-Versuch, der am ehesten mit der Versuchsanordnung von Ley zu vergleichen ist, konnten, bei einer Teilung der Stichprobe in zwei Hälften (Helligkeitsklassen), für die Versuche bei stärker Lichtintensität sehr ähnliche Werte ermittelt werden, wie Ley sie gefunden hat (Tab 13). Im Falle hoher Globalstrahlung flogen 25,6% ( $n=43$ ) und im Fall stärkerer Lichtintensität im Scheibenhintergrund 27,9% ( $n=43$ ) zur Prüfscheibe. Bei geringerer Lichtintensität hingegen herrschte annähernd Gleichverteilung der Anflüge vor, die Prüfscheibe war also wirkungslos. Zwischen den Ergebnissen bei hoher und niedriger Globalstrahlung besteht ein signifikanter Unterschied (Pearson  $\chi^2=4,03$ ,  $p=0,04$ ).

Tabelle 13: Differenzierung der ONR-Testergebnisse für Ornilyx Mikado in zwei gleich große Helligkeitsklassen.

Lichtintensität		Anflug zur Referenzscheibe	Anflug zur Prüfscheibe	[%]
Globalstrahlung	stark	32	11	25,6
	schwach	22	21	48,8
Hintergrund	sehr hell	31	12	27,9
	weniger hell	23	20	46,5

Eine Diskussion der genaueren Umstände der Versuche von Ley kann hier nicht erfolgen, da zuwenig über die Lichtverteilung auf die Scheiben durch die Osram Ultra Vitalux-Lampe, mit der Ley die Scheiben beleuchtet hat, und über die Lichtintensität im Hintergrund der Scheiben bekannt ist. Es ist aber nicht auszuschließen, dass die Ergebnisse von Ley auf einen Sonderfall (hohe Lichtintensität, keine Spiegelung) zutreffen, nicht aber für die Summe der zu erwartenden Lichtverhältnisse.

#### **4.4 Interpretation der Referenzversuche**

In den Versuchen mit Spiegelungen auf den Scheiben wird die stark kontrastierende schwarz-orange markierte Prüfscheibe in jedem Fall weniger von einer unmarkierten Floatglasscheibe unterschieden als im ONR-Versuch. Was die Seite der Bedruckung betrifft, sind bei hellem Hintergrund keine Unterschiede zu erkennen, egal ob die Markierung auf der Vorderseite (Ebene 1), auf der Rückseite (Ebene 2) oder in einer Isolierglasscheibe aufgedruckt ist. Wenn die Bedruckung auf der Vorderseite aufgebracht ist, ist es bei der untersuchten hoch kontrastierenden Markierung egal, ob der Hintergrund hell oder dunkel ist, ob die Scheibe also im Freiland steht oder Teil einer Glasfassade mit dunklem Hintergrund ist. Ein markanter (bei vorliegender Stichprobe allerdings nicht statistisch signifikanter) Unterschied besteht aber bei schwach beleuchtetem Hintergrund (Fenster oder Glasfassaden), wenn die Markierung auf der Rückseite der Scheibe (oder im Isolierglas) aufgebracht ist.

Bisher kann noch nichts über den Einfluss von Spiegelungen auf weniger kontrastierende Markierungen (z.B. weiße Markierungen, wenn sich heller Himmel in den Scheiben spiegelt) ausgesagt werden.

#### **4.5 Beurteilung von Ornilux Mikado**

Ornilux Mikado zeigt sich im ONR-Versuch schwach wirksam. Auf Basis des ONR-Versuches muss aus Sicht des Vogelschutzes die Scheibe als wenig geeignet eingestuft werden. Im „Lärmschutzwand-Versuch“ und im „Fenster-Versuch“ kann keinerlei Wirksamkeit nachgewiesen werden, die Scheibe ist für Vögel nicht von einer unmarkierten Floatglasscheibe zu unterscheiden. Auch wenn sich die Ergebnisse der Ornilux-Prüfung in den unterschiedlichen Versuchsanordnungen ähnlich zueinander verhalten wie die der Referenzversuche, liegt eine große Spanne zwischen den Ergebnissen der schwarz-orangen Markierungen und der Ornilux-Markierung. Die schwarz-orangen Markierungen werden auch unter schwierigen Lichtbedingungen mit Spiegelungen einigermaßen gut von Vögeln erkannt und gemieden, während für die Ornilux Markierung nichts erhofft werden kann, was im Vergleich zu normalem unmarkiertem Fensterglas das Anprallrisiko von Vögeln in entscheidendem Maße reduziert.

Argumentiert wird häufig damit, dass schon eine marginale Verbesserung der Wahrnehmbarkeit im Vergleich zu unmarkiertem Fensterglas eine Verbesserung der Gesamtsituation darstellt. Diese Argumentation ist höchstens für den Fall des Austausches bestehender Verglasungen nachvollziehbar. Der Neubau von Glasflächen bedeutet generell eine weitere Verschärfung des Anprallrisikos für Vögel. Aus Sicht des Naturschutzes kann grundsätzlich nicht von einer Verbesserung sondern lediglich von einer mehr oder weniger aussichtsreichen Abfederung zusätzlicher, hinzukommender Risiken gesprochen werden. Dem wird in Österreich dadurch Rechnung getragen, dass überall dort, wo auf das Anprallrisiko von Vögeln Bedacht genommen werden muss, nur hoch wirksame Markierungen empfohlen werden. Eine derartige Empfehlung ist jedoch bei Markierungen mit nahezu vollständiger Transparenz bisher nicht möglich geworden.

## 5 LITERATUR

Austrian Standards Institute (2010): ONR 191040. Vogelschutzglas – Prüfung der Wirksamkeit. Wien. 17 pp.

Ley, H. W. (2006): Experimentelle Tests zur Wahrnehmbarkeit von UV-reflektierenden "Vogelschutzgläsern" durch mitteleuropäische Singvögel. Ber. Vogelschutz 43: 87-91.

Ley, H. W. & W. Fiedler (2007): Eignung von "Vogelschutz-Glas" für transparente Lärmschutzwände. Abschlussbericht. Radolfzell. 18pp.

Rössler, M. (2010): Vermeidung von Vogelanprall an Glasflächen. Schwarze Punkte, schwarz-orange Markierungen, Eckelt 4Bird®, Evonik Soundstop® XT BirdGuard. Wien, Wiener Umweltschutzgesellschaft. 25 pp.

Rössler, M. & W. Doppler (2011): Geprüfte Muster. Hrsg. Wiener Umweltschutzgesellschaft, Folder. Wien.

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

Rössler, M., W. Laube & P. Weihs (2007): Vermeidung von Vogelanprall an Glasflächen. Experimentelle Untersuchungen zur Wirksamkeit von Glas-Markierungen unter natürlichen Lichtbedingungen im Flugtunnel II. Hohenau a.d. March, 56 pp.

Prüfer:

DI Martin Rössler

Matznergasse 8/28

A-1140 Wien

email: [m\\_roessler@gmx.at](mailto:m_roessler@gmx.at)

Im Auftrag der

Wiener Umweltschutzgesellschaft

Muthgasse 62

A-1190 Wien

Kontakt: [wilfried.doppler@wien.gv.at](mailto:wilfried.doppler@wien.gv.at)