

Heiko Haupt

## Auf dem Weg zu einem neuen Mythos? Warum UV-Glas zur Vermeidung von Vogelschlag noch nicht empfohlen werden kann

Haupt, H. (2011): Towards a new myth? Why UV glass cannot yet be recommended as an effective measure against bird strikes. *Ber. Vogelschutz* 47/48: 143–160.

Effective measures against bird strikes with glass panes have been discussed in the general public and among bird conservationists with growing intensity. However, numerous misunderstandings and misinformation are widespread, particularly with regard to the efficacy of markings with ultraviolet light absorbing or reflecting properties. This article explains the relevant test procedures for markings against bird collisions, points at pitfalls when interpreting experimental results and provides a brief overview of recent findings from research dealing with perception of UV signals by birds. On balance it appears premature to consider UV markings as sufficiently effective to prevent birds from colliding with glass panes.

**Key words:** birds, collisions, bird strikes, glass, visible markings, ultraviolet light, test procedures, flight tunnel, perception

✉ Heiko Haupt, Bornheimer Strasse 100, D-53119 Bonn. E-Mail: heiko\_haupt@t-online.de.

### 1 Einleitung

Der Vogeltod an durchsichtigen oder spiegelnden Glasscheiben, -wänden und -fassaden ist als Problem seit langem bekannt (Abb. 1 und 2). Bereits seit langer Zeit werden Vorschläge zur Abhilfe unterbreitet (z. B. KÖNIG 1962, LÖHRL 1962, POLTZ & SCHREIBER 1985, SCHMID & SIERRA 2000). Schon vor Jahrzehnten wurde beklagt, dass Glas immer häufiger verwendet wird. Dieser Trend zu Glas als Baumaterial dürfte sich in den letzten Jahren weiter beschleunigt haben. Glas gilt als Symbol für Modernität, Leichtigkeit und Transparenz: „Glasfassaden prägen das Gesicht der modernen Städte“ (BUNDESVERBAND FLACHGLAS o.J./2011). Doch nicht nur in Städten, auch in sensiblen Naturschutz- und Vogelschutzgebieten greift Glasarchitektur immer weiter um sich (z. B. BAUMGARTNER 2010). Glasbauten werden aber nicht nur zahlreicher, Glas ändert sich auch qualitativ: Die besseren Wärmedämm-Eigenschaften moderner Fenster werden durch Bedampfung mit einer hauchdünnen Edelmetallschicht erreicht. Dies

führt zu stärkeren Spiegelungen und kann ein größeres Kollisionsrisiko bedeuten.

Die Verantwortung von Architekten, Planern, Bauherren und Genehmigungsbehörden steigt also, sich dem Thema „Vogeltod an Glasscheiben“ zu widmen. Naturschutzverbände und die interessierte Öffentlichkeit können ebenfalls dazu beitragen, gläserne Vogelfallen zu verhindern. In den letzten Jahren sind Wissen und Bewusstsein über die Gefahren des Glases gestiegen, wenngleich noch nicht ausreichend. Zahlreiche Untersuchungen in Nordamerika und im deutschsprachigen Raum haben manche Frage geklärt, aber auch viele neue aufgeworfen.

Die Versuchung ist groß, den Gefahren des „modernen“ Baustoffes Glas mit ebenso neuen Ideen beizukommen. Besondere Hoffnungen des Vogelschutzes richteten sich vor etwa 10 Jahren auf die Fähigkeit vieler Vögel, ultraviolettes Licht wahrzunehmen und diese Fähigkeit zu nutzen, Glas für Vögel erkennbar zu machen, für Menschen aber durchsichtig zu erhalten (BUER &



■ **Abbildung 1:**

Durchsichtige Scheiben als tödliche Gefahr für Vögel. Allein in Bonn summieren sich die Scheiben von Fahrgastunterständen im öffentlichen Nahverkehr auf ca. 1,5 Kilometer Länge. Wirksame sichtbare Markierungen wären möglich, ohne Ästhetik oder Sicherheitsbedürfnisse zu beeinträchtigen. - *Clear panes can be fatal for birds. Just in the municipal area of Bonn, glass panes from passenger shelters for public local traffic add up to about 1.5 kilometres in length. Effective visible markings would be applicable without compromising aesthetics or safety demands.* Foto: H. Haupt.

REGNER 2002, REGNER 2003). Kurz darauf nahm sich ein Glashersteller dankenswerter Weise dieser Frage an. Die Firma Arnold Glas im württembergischen Remshalden ist derzeit weltweit das einzige Unternehmen, das Flachglas mit UV-optischen Eigenschaften aus Gründen des Vogelschutzes anbietet (KLEM in litt. 2011). Als jedoch nacheinander verschiedene „UV-Gläser“

unter dem gemeinsamen Markennamen „Ornilux“ auf den Markt gebracht wurden, ver selbstständige sich das Thema: Es entstanden Missverständnisse zur Interpretation von Testergebnissen und zum Inhalt von Schlüsselbegriffen, und die Werbung erhob vielfach den Wunsch zur Wirklichkeit.

Seitens der Naturschutzverbände und Naturschutzfacheinrichtungen sind Informationen und Empfehlungen veröffentlicht worden, wie die Gefahren von Glas entschärft werden können (RICHARZ 2001, SCHMID 2006, SCHMID et al. 2008, AUDUBON MINNESOTA 2010). Sie bieten mitunter aber keine Informationen über die unterschiedliche Wirksamkeit der dargestellten Schutzmaßnahmen. Einige dieser Hilfestellungen enthalten gar

Misverständliches, Ungenauigkeiten und Fehler, insbesondere zu UV-Glas (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2010, VON LINDEINER et al. 2010, 2011).

Inzwischen kursieren nicht nur unter Vogelschützern, sondern auch in der Öffentlichkeit zweideutige Aussagen, fehlerhafte Interpretationen und voreilige Empfehlungen bezüglich Maßnahmen gegen Vogelschlag an Glasscheiben. Sie lassen befürchten, dass sich zum UV-Glas ein ähnlicher Mythos bildet wie zu Greifvogelsilhouetten (Abb. 3), denen viele Menschen immer noch zubilligen, abschreckend auf andere Vögel zu wirken und sie damit vor Scheibenanprall



■ **Abbildung 2:**

Was ist Baum, was tödliche Falle? Auch an spiegelndem Glas kommen Vögel zu Tode. - *What is a tree, what is deadly hazard? Glass with specular reflections kills birds, too.* Foto: H. Haupt.

### ■ Abbildung 3:

Ein alter Mythos: „Greifvogelsilhouetten schrecken Vögel ab“. Tatsächlich prallen Vögel daneben an die Scheiben. – *A long-standing myth: 'Raptor silhouettes deter birds'. In fact birds will hit the panes adjacent to the silhouettes.*

Foto: H. Haupt.



zu schützen – trotz frühzeitiger Richtigstellung (KÖNIG 1962, LÖHRL 1962, erneut bestätigt durch KLEM 1990) ein offenbar unüberwindlicher Irrglaube.

Dieser Beitrag soll einen Überblick geben über unser gegenwärtiges Wissen und die offenen Fragen darüber, wie geeignet UV-Glas zur Vermeidung von Vogelschlag tatsächlich ist. Dabei sollen die verwendeten Testmethoden im Vordergrund stehen mit ihren Möglichkeiten und Grenzen, derer man sich bei der Interpretation der Versuchsergebnisse bewusst sein muss.

## 2 Die Testmethoden: Flugtunnel und Glasscheiben im Freiland

Zur Kenntlichmachung von Glasscheiben wird derzeit einerseits an Markierungen gearbeitet, die (auch) für uns Menschen sichtbar sind und andererseits an solchen, die „unsichtbares“ UV-Licht absorbieren oder reflektieren. Beide können schon bei der Glasherstellung, aber auch nachträglich (dann nur auf die Glasoberfläche) aufgebracht werden. Der Gestaltung sind prinzipiell keine Grenzen gesetzt. Sachgerechte Information über tatsächlich wirksame Schutzmaßnahmen tut also Not.

Vor der näheren Betrachtung von Testergebnissen werden zunächst die beiden Methoden vorgestellt, mit denen ermittelt werden soll, wie wirksam bestimmte Applikationen sind, um Glasscheiben für Vögel erkennbar zu machen. Die Versuche dazu finden derzeit in so genannten Flugtunneln oder -kanälen (Kap. 2.1) und im Freiland (Kap. 2.2) statt.

### 2.1 Versuche im Flugtunnel

Aus Flugtunneln liegen bis heute die meisten standardisierten Untersuchungsergebnisse

vor. Derzeit wird in drei unterschiedlich konzipierten Tunnelanlagen untersucht, welche Markierungen Glasscheiben für Vögel als Hindernis erkennbar machen: in Deutschland (LEY 2006; 2010 ausgelagert nach Rybatschij/Russland, FIEDLER in litt. 2010), in Österreich (RÖSSLER et al. 2007, RÖSSLER & LAUBE 2008, RÖSSLER 2010) und in den USA (KLEM 2009, SHEPPARD in litt. 2010 mit einem Nachbau des Tunnels von RÖSSLER). Am Ende eines bis dahin geschlossenen, mehrere Meter langen Flugkanals werden zwei Glasscheiben nebeneinander angebracht. Sie befinden sich bei KLEM und LEY in der Wand direkt am Ende des Tunnels, bei RÖSSLER sind sie 30 cm vom offenen Tunnelende entfernt, damit Tageslicht einfallen kann (s. Abb. 4). Eine Scheibe ist mit dem zu testenden Muster versehen, die andere ist eine unmarkierte Referenz-/Kontrollscheibe (bzw. Luft bei KLEM 2009). Ein feines Netz vor den Scheiben verhindert, dass die Vögel dagegen prallen. Während sich der deutsche Flugtunnel auf UV-Markierungen konzentriert und die Scheiben mit einem UV-Hochdruckstrahler (Osram Ultra-Vitalux; LEY 2006) beleuchtet, arbeitet RÖSSLER mit symmetrischer Einspiegelung des Sonnenlichts. Die drei verschiedenen Tunneltypen sind in Tab. 1 dargestellt.

Allen Tunnelversuchen ist das Prinzip Wahlversuch gemeinsam. Als Ergebnis der Wahlversuche im Flugtunnel erhält man ein Zahlenverhältnis, das die prozentualen Anflüge der Vögel gegen

■ **Tabelle 1:**

Vergleich von Flugtunneln zur Untersuchung des Anflugverhaltens von Vögeln gegen unterschiedlich gekennzeichnete Glasscheiben. – *Comparison of flight tunnels for the examination of flying birds approaching different markings on glass panes.*

	KLEM (2009)	LEY (2006)	RÖSSLER et al. (2007) u. a.
Vogelarten	2 Singvogelarten	mehrere Arten	mehrere Arten
Anzahl Einsätze	jeder Vogel mind. 10 Versuche, nur einmal pro Tag	jeder Vogel einfach, danach Freilassung	jeder Vogel einfach, danach Freilassung
Zeitraum der Untersuchungen	Frühjahr (13.03.-30.04.2004)	Herbst	Spätsommer/Herbst
Tageszeit	Mittag und früher Nachmittag	zwischen 08:00 und 11:00 Uhr (FIBY 2008)	Schwerpunkt am frühen Morgen und Vormittag
Tunnellänge	3,6 m	10 m (Flugstrecke 8 m)	7,5 m
Höhe der Scheibenöffnung	1,2 m	0,6 m	1 m
Breite der Scheibenöffnung	2,6 m	1,2 m	1 m
Beleuchtung der Scheiben-Vorderseite	schwaches Tageslicht durch transluzentes Tunneldach	Kunstlicht aus dem Tunnelinneren mit Osram-Ultra-Vitalux	Tageslicht, gleichmäßig, parallel und symmetrisch über zwei Spiegel
Tunnelende	Testscheibe, Referenzseite offen	Test- und unmarkierte Referenzscheibe	Test- und unmarkierte Referenzscheibe
Tunnelumgebung/ Blick durch Scheiben	Wiese und Gehölze	k. A.	Kraut- und Staudenvegetation
Seitenwechsel der Scheiben	ja	ja	ja

die Test- bzw. die Referenzscheibe beschreibt. Ein Anflugverhältnis von 50:50 oder ein Wert nahe daran bedeutet bei diesem Versuchsaufbau, dass die zu testende Scheibe unwirksam ist, denn es fliegen zufallsverteilt gleich viele Vögel gegen die markierte wie gegen die Referenzscheibe. Würden alle Vögel eine Testscheibe erkennen, flögen sie in Richtung unmarkierter Referenzscheibe und das Anflugverhältnis wäre 0:100. Tatsächlich liegen die bisher ermittelten Werte zwischen diesen Eckwerten, wobei eine Markierung umso wirksamer gegen Vogelschlag ist, je näher das Anflugverhältnis

bei 0:100 liegt. Zur Interpretation der Anflugverhältnisse s. Kap. 2.1.2 und Tab. 2.

### 2.1.1 Vor- und Nachteile der Flugtunnelversuche

Der unschlagbare Vorteil der Flugtunnel-Versuche ist ihre hohe Standardisierbarkeit. Vögel werden unter kontrollierten Bedingungen und in identischem Verhaltenskontext eingesetzt. Der apparative Aufbau einer jeden Anlage liefert vergleichbare Bedingungen hinsichtlich der Glasscheiben, ihrer Beleuchtung, des Hinter-

■ **Abbildung 4:**

Blick auf den hinteren Teil des österreichischen Flugtunnels. Zwei Spiegel werfen gleichmäßig, parallel und symmetrisch Tageslicht auf die beiden Glasscheiben. Der Tunnel wird mit dem Sonnenlicht gedreht. – *View of the rear part of the Austrian flight tunnel with even, parallel and symmetric incidence of daylight to both of the glass panes due to two mirrors. The tunnel is turnable according to the position of the sun.*

Foto: M. Rössler.

grundes etc. Werden Videoaufzeichnungen angefertigt, können die Anflüge eines jeden Vogels nachträglich genau ausgewertet und Vögel mit uneindeutigem Verhalten (z. B. zu zögerlicher Flug, Abbremsen vor dem Netz) aus der Auswertung ausgeschlossen werden (RÖSSLER 2005). Nicht zuletzt ist mit Hilfe der Flugtunnel eine hohe Zahl von Vögeln einsetzbar, ohne dass es zu Kollisionen oder Todesfällen kommen muss. Pro getesteter Markierung werden 80-90 gültige Anflugversuche benötigt, damit die Ergebnisse statistisch auswertbar und innerhalb einzelner Versuchsreihen weitergehende Analysen etwa nach Beleuchtungssituation oder zu Wirksamkeitsstufen möglich sind (RÖSSLER et al. 2007).

Ergebnisse aus Flugtunnel-Versuchen bilden heute mit Recht unsere umfangreichste und verlässlichste Informationsgrundlage, wie gut Glasscheiben für Vögel sichtbar gemacht werden können. Dennoch sind ihre Ergebnisse mit Umsicht zu interpretieren.

Zwischen methodisch sorgfältigen Versuchsreihen mit demselben Tunnel sind Versuchsergebnisse aus verschiedenen Jahren gut reproduzierbar (RÖSSLER & LAUBE 2008). Wie Tab. 1 zeigt, unterscheiden sich die derzeit genutzten Flugtunnel aber in verschiedenen wichtigen Parametern. Das betrifft vor allem die Art der Beleuchtung der Scheiben, den von den Vögeln wahrgenommenen Hintergrund und die Tageszeit, in der die Versuche durchgeführt werden. Während beispielsweise Sonnenlicht in den hier relevanten Wellenlängen ein kontinuierliches Farbspektrum erzeugt, liefert eine UV-Lampe ein stark diskontinuierliches Spektrum, das nicht dem Tageslicht entspricht. Wenngleich der UV-Hochdruckstrahler Ultra-Vitalux den menschlichen Tageslichteindruck nachempfinden soll, weist sein emittiertes Spektrum doch bei den Empfindlichkeitsmaxima einiger Zapfentypen im Vogelauge Lücken auf (vgl. OSORIO et al. 1999 und OSRAM 2007). Das Bild, das sich den Vögeln hinter den Scheiben bietet, wird derzeit von der Umgebung der Tunnelanlage bestimmt und ist nicht standardisiert.

Es liegt auf der Hand, dass unter solch unterschiedlichen Bedingungen die Ergebnisse, die in einem bestimmten Tunneltyp erzielt wurden, nicht ohne Weiteres auf einen anderen Tunneltyp übertragbar sind. Versuche, denselben Mar-

kierungstyp in verschiedenen Tunnelanlagen zu testen, sind nach Auswertung der Literatur bisher in nennenswertem Umfang offenbar nicht durchgeführt worden.

Inwieweit sich die Tageszeit auf die Versuchsergebnisse auswirkt, kann derzeit nur spekuliert werden, sollte aber nicht außer Acht gelassen werden. Die Hauptaktivitätszeit der Vögel liegt am Morgen und am frühen Vormittag, wenn gleichzeitig der UV-Anteil am Licht gering ist und wenn die meisten Kollisionsereignisse auftreten (KLEM 1989).

### 2.1.2 Fehler und Begriffswirrwarr beim Interpretieren der Flugtunnel-Ergebnisse

Sind die Flugtunnel-Ergebnisse schon untereinander schwierig vergleichbar, wird es noch schwieriger bei der pauschalen Übertragung der Flugtunnel-Ergebnisse auf das Freiland: Diese verbietet sich völlig. Die wichtigsten Gründe:

- Der Hintergrund der Scheiben entspricht der Situation einer frei stehenden Scheibe, nicht aber der Situation einer Fensterscheibe vor dunklen Innenräumen eines Gebäudes (diese Einschränkung gilt auch für gängige Freilandversuche, siehe unten).
- Ein unterschiedlich heller oder unterschiedlich farbiger Scheibenhintergrund kann Einfluss auf die Versuchsergebnisse haben.
- Spiegelnde Reflexionen, die als Anprallursache sehr wichtig sind, werden methodisch ausgeschlossen. Ihre Auswirkungen können daher im Flugtunnel nicht untersucht werden.
- Wenn Markierungen in das Innere von Verbundglas eingebettet oder aus der Anflugrichtung des Vogels „hinter“ der Scheibe angebracht sind, können die Tunneltestergebnisse nur für Fälle im Freiland herangezogen werden, in denen die Markierungen nicht von Spiegelungen übertönt werden.

Hinzu kommt, dass die Tunnelsituation nicht der typischen Anprallsituation eines Vogels an Glasscheiben im Freiland entspricht: Ein Flug aus dem Dunklen ins Helle (ist der Vogel hell- oder dunkel-adaptiert?), die Einengung des Horizontes, die Menschenhand sowie die Fluchtsituation sind starke Stressfaktoren. Diese Testbedingungen zielen auf möglichst einheitliche

Prüfbedingungen für möglichst kleine Stichproben ab und entsprechen eher „worst case“ Situationen. Darin kann aber auch ein Vorteil liegen: Eine Markierung, die unter diesen Bedingungen verlässlich erkannt wird, dürfte auch im Freiland verlässlich erkannt werden.

Tunnelversuche können nach jetzigem Kenntnisstand als gutes Mittel angesehen werden, Markierungen untereinander zu vergleichen; die hier aufgelisteten Einschränkungen dürfen aber nicht aus dem Auge verloren werden.

Gleichsam ein doppelter Fehler wäre es, aus dem Anflugverhältnis der Wahlversuche im Flugtunnel einen „Wirkungsgrad“ für eine entsprechende im

Freiland montierte Glasscheibe abzuleiten. Nicht nur können die Verhältnisse des Flugtunnels nicht aufs Freiland übertragen werden; es wäre auch falsch, aus einem Anflugverhältnis etwa von 24:76 (Testscheibe zur Referenzscheibe) zu schließen, 76 % aller Anprallereignisse würden vermieden – ein Schluss, der aber vielfach aus dem Begriff „Wirkungsgrad“ resultiert. Mit einer solchen „Berechnung“ wird das Wesen des Wahlversuchs ad absurdum geführt.

Der mit einem „Wirkungsgrad“ verbundene Fehlschluss wird durch folgende Überlegung deutlich: Eine völlig unwirksame Markierung, deren Anflugverhältnis etwa bei 50:50 liegt, hätte noch einen „Wirkungsgrad“ von 50 %. Auch wenn sich eine solche Interpretation bei näherer Betrachtung als unplausibel darstellt, führt sie nicht dazu, diesen Begriff nicht mehr in derart missverständlicher Weise einzusetzen (vgl. VON LINDEINER et al. 2010 und 2011: 15 und 22). Ähnlich stellt sich die Situation mit dem Begriff „Verhinderungsfaktor“ (LEY 2006, LEY & FIEDLER 2007) dar. Er wurde von seinem Schöpfer im Nachhinein als „unglücklich“ empfunden (LEY mdl. Mitt. 2010).

Tabelle 2 erläutert, warum bei einem „Wirkungsgrad“ von 76 % nicht angenommen werden kann, dass die Markierung von 24 % der Vögel ignoriert wurde. Logischer erschiene eine Annahme von 50 %. Allerdings ist es nicht das Wesen des Wahlversuchs, solche scheinbar genauen Zahlen zu ermitteln, sondern die Wahrscheinlichkeit, ob eine Markierung wirkungsvoll und wie gut sie im Verhältnis zu anderen Markierungen ist (RÖSSLER in litt. 2010).

Wir wissen derzeit nicht, wie die in Flugtunneln erzielten Ergebnisse auf reale Bedingungen „umgerechnet“ werden müssen. Je nach konkreter Situation – durchsichtige Glaswände in dunkler oder heller Umgebung, in Gebäuden eingebaute Scheiben mit dunklem Hintergrund, schwach oder stark spiegelndes Glas – dürften die Tunnelergebnisse unterschiedlich gut auf das Freiland übertragbar sein. Am besten gilt das für freistehende Glasscheiben, wie sie klassisch bei Lärm- und Windschutzwänden, Fahr-

■ **Tabelle 2:**

Mögliche Interpretation hypothetischer Flugtunnel-Ergebnisse. Grundlage ist die Annahme, dass es – außer bei einem Anflugverhältnis von 0:100 – stets eine Anzahl von Vögeln gibt, die auch die markierte Scheibe nicht erkennen. Diese Vögel fliegen zufallsverteilt zu gleichen Anteilen die markierte und die nicht markierte Scheibe an. Erst nach Subtraktion dieser Gruppe von Vögeln („Markierung nicht erkannt“) ergibt sich die Zahl der Vögel, die als Gruppe „Markierung erkannt“ zu werten ist. Folgt man diesem Verständnis, hätten bei einem Anflugverhältnis von 24:76 also nicht 76 % die markierte Scheibe erkannt, sondern nur 52 % aller Vögel (s. auch RÖSSLER et al. 2007). – *Possible interpretation of hypothetical flight tunnel results, based on the assumption that a number of birds regularly do not detect the marked glass plate (except for the 0:100 approach ratio). These birds approach both the marked and the unmarked glass half-and-half. The number of birds which in fact recognize the marking (“Markierung erkannt“) can only be obtained by subtracting the former group of birds (“Markierung nicht erkannt“). According to this appreciation, an approach ratio of 24:76 would not result in 76 % but 52 % of birds perceiving the glass plate (cf. RÖSSLER et al. 2007).*

Anflugverhältnis: 50 : 50		
Anflüge an ...	markierte Scheibe	Referenzscheibe
Markierung erkannt	0	0
Markierung nicht erkannt	50	50
Anflugverhältnis: 45 : 55		
Anflüge an ...	markierte Scheibe	Referenzscheibe
Markierung erkannt	0	10
Markierung nicht erkannt	45	45
Anflugverhältnis: 24 : 76		
Anflüge an ...	markierte Scheibe	Referenzscheibe
Markierung erkannt	0	52
Markierung nicht erkannt	24	24
Anflugverhältnis 5 : 95		
Anflüge an ...	markierte Scheibe	Referenzscheibe
Markierung erkannt	0	90
Markierung nicht erkannt	5	5
Anflugverhältnis 0 : 100		
Anflüge an ...	markierte Scheibe	Referenzscheibe
Markierung erkannt	0	100
Markierung nicht erkannt	0	0

gastunterständen, an Gebäudekanten etc. auftreten (vgl. AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE 2010). Die derzeitigen Testverfahren erlauben aber keine Rückschlüsse auf die anderen Einbausituationen. Auch für UV-Glas liegen bisher keine Testverfahren vor, die seine Wirksamkeit als eingebautes Fenster ermitteln könnten.

## 2.2 Versuche im Freiland

Freilandversuche mit markierten und unmarkierten Glasscheiben und Beobachtungen an verglasten Gebäuden fanden in den USA bereits in den 1970er-Jahren statt (KLEM 1989, 1990). Untersuchungen mit UV-Markierungen, auf die hier näher eingegangen werden soll, begannen erst in jüngerer Zeit in Deutschland (LEY & FIEDLER 2007) und in größerem Umfang in den USA (KLEM 2009). Im Freiland werden Glasscheiben freistehend aufgestellt und sind von beiden Seiten her sicht- und anfliegbar. Um die Zahl der Vögel in der meist halboffenen gehölzdominierten Umgebung zu erhöhen, werden Futterstellen nahe an den Glasscheiben eingerichtet. Der Versuchsaufbau unterscheidet sich dahingehend, dass LEY & FIEDLER je zwei Test- und zwei Referenzscheiben unmittelbar nebeneinander anbrachten, während KLEM (2009) in verschiedenen Versuchsreihen drei bis sieben verschiedene Scheiben (jeweils einschließlich Referenzscheibe) in mehreren Metern Abstand zueinander platzierte. Die Ergebnisse von KLEM (2009) sind tabellarisch im Anhang dargestellt.

LEY & FIEDLER (2007) testeten ein UV-Glas, das sie nur „Ornilux“ nannten und nicht näher spezifizierten. Auf ihrem als Abbildung 3 gebrachten Foto ist ein Streifenmuster erkennbar, so dass davon auszugehen ist, dass das Produkt „SB1“ oder ein vergleichbares Modell untersucht wurde. Damit ist dies der einzige veröffentlichte Freilandversuch in Europa, der ein „Ornilux“-Produkt behandelt. Dieses Produkt ist heute jedoch nicht mehr erhältlich (vgl. Kap. 5).

### 2.2.1 Vor- und Nachteile der Freilandversuche

Freilandversuche, wie sie LEY & FIEDLER (2007) und KLEM (2009) durchführten, kommen den realen Bedingungen insofern näher, als sie unter den tatsächlichen Witterungs- und Beleuchtungsbedingungen stattfinden (vgl. aber die

Tageslichtbeleuchtung bei RÖSSLER) und nicht alle Vögel in Fluchtabsicht aus dunkler Umgebung auf die Scheiben zufliegen. Die Grundgesamtheit der anwesenden Vögel ist aber meist nicht bekannt. Die Anzahl anfliegender Vögel kann nur ermittelt werden, wenn kontinuierlich beobachtet bzw. mit vorgespanttem Netz gearbeitet wird (LEY & FIEDLER 2007). Diese Methode ist zeitlich sehr aufwändig. Werden die Scheiben nur einmal täglich kontrolliert, können Anpralereignisse nur anhand toter Vögel oder Spuren am Glas festgestellt werden (KLEM 2009).

Obwohl „Freiland“, sind auch diese Resultate nicht auf alle Verhältnisse übertragbar, in denen es zu Vogelschlag kommt. Genauso wie die beschriebenen Tunnelversuche simulieren auch diese Freilandversuche Fenster an Gebäuden nicht. Für diese Einsatzbereiche liegen ältere Befunde von KLEM (1989, 1990) vor, der dabei aber keine UV-Markierungen berücksichtigen konnte. Zudem sind die Auswirkungen von Spiegelungen bei den jüngsten Freilandversuchen noch nicht einbezogen worden, so dass unklar ist, ob und wie sich dadurch die Wahrnehmbarkeit von UV-Markierungen ändert.

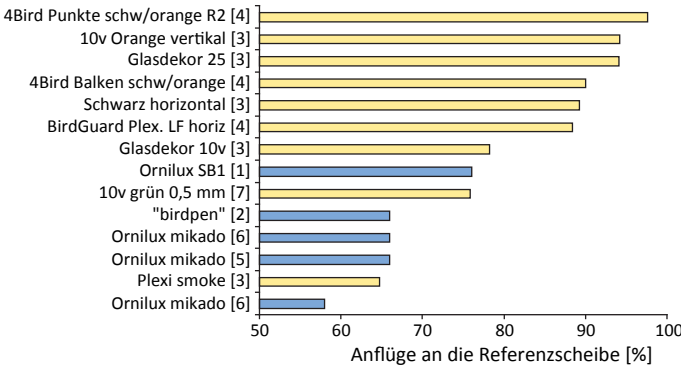
Freilandversuche erwecken jedenfalls den Eindruck hoher Realitätsnähe. Über die Variablen, die die einzelnen Kollisionsereignisse beeinflusst haben, ist hingegen wenig bekannt; sie sind jedoch vielfältiger als jene, die in Tunneln wirken. Dieser Umstand verlangt möglicherweise weitaus höhere Stichproben, als bisher bearbeitet wurden. Statistische Prüfungen wiederholter Freilandexperimente liegen bisher nicht vor.

## 3 Testergebnisse: Sichtbare Markierungen liegen vorn

### 3.1 Ergebnisse aus Flugtunneln

Die zahlreichen Testergebnisse für sichtbare Markierungen aus den Flugtunnel-Untersuchungen von RÖSSLER und die wenigen bekannt gewordenen Resultate für UV-Glas von LEY und SHEPPARD lassen die Aussage zu, dass letztere in der Regel schlechter abgeschnitten haben als konventionelle, sichtbare Markierungen. Die schlechtesten Ergebnisse für sichtbare Markierungen (z. B. grüne Streifen vor Vegetationshintergrund) liegen in der Nähe der besten Resultate von UV-Glas. Abb. 5 stellt alle derzeit ver-

Markierung [Quelle]



■ **Abbildung 5:**

Alle derzeit verfügbaren Flugtunnel-Ergebnisse für UV-Markierungen (blau) sind einigen ausgewählten Ergebnissen für sichtbare Markierungen (gelb) gegenübergestellt. – *All currently available test results from flight tunnels for ultraviolet markings (blue) opposed to selected results for visible markings (yellow).*

Quellen/source: [1]: LEY (2006); [2]: LEY unveröff./unpubl.; [3]: RÖSSLER & LAUBE (2008); [4]: RÖSSLER (2010); [5]: LEY unveröff. nach/unpubl. according to IRMSCHER in litt. (2010); [6]: SHEPPARD in litt. (2010); [7]: RÖSSLER in litt. (2010).

fügbaren Ergebnisse für UV-Glas einigen ausgewählten Ergebnissen für sichtbare Markierungen (s. Abb. 6 und 7) gegenüber.

Weitere, bisher unveröffentlichte Ergebnisse erzielten Tests unter der Regie der Vogelwarte Radolfzell, die im Herbst 2010 in Rybachy/Rusland durchgeführt wurden. Sie erbrachten eine vollständige Wirkungslosigkeit des UV-Glases. Die Experimentatoren messen diesen Ergebnissen gleichwohl keine hohe Bedeutung bei, da sie davon ausgehen, dass der helle Dünensand als Hintergrund die Erkennbarkeit der Markierung

beeinträchtigt hat (FIEDLER in litt. 2011). Die gleichen Ergebnisse erzielte allerdings auch unabhängig davon Daniel KLEM bei Freilandversuchen (siehe Kap. 3.2).

UV-Gläsern vergleichbare Ergebnisse hat es offenbar auch für den „birdpen“ gegeben – einen „Filzstift“, mit dem man abwaschbare UV-Streifen auf Fensterscheiben aufbringen kann. Experimentelle Untersuchungen zur Wirksamkeit des „birdpen“ sind bisher nicht veröffentlicht worden. Gemäß Kurzbericht von LEY (2007) wurde bei Versuchen in Radolfzell dieselbe Versuchsanordnung (Flugtunnel) wie für Ornilux SB1 verwendet (siehe LEY 2006). Der Flugtunnel-Test

wurde mit 102 Vögeln durchgeführt. Wie die Testscheibe mit dem „birdpen“ markiert wurde, ist aus dem Kurzbericht nicht ersichtlich.

**3.2 Ergebnisse aus dem Freiland**

Auf die Vergleichbarkeit der Versuchsergebnisse von KLEM (2009; s. Übersicht im Anhang) – nur innerhalb der einzelnen Versuchsreihen – wurde bereits hingewiesen. Aus seinen Resultaten erscheint es insbesondere bemerkenswert, dass kaum Unterschiede im Anprallverhalten festzustellen sind, wenn UV-Folien an der Außen- oder der Innenseite von Fenster imitierenden Scheiben angebracht wurden.

Dies wäre insofern verständlich, wenn wenig Spiegelungen und keine großen Helligkeitsun-



■ **Abbildung 6:**

Dünne schwarze horizontale Streifen an einer Lärmschutzwand: Trotz geringem Deckungsgrad eine Markierung mit überraschend gutem Ergebnis, aber nur für helle Umgebung geeignet. – *Thin black horizontal stripes on a noise barrier: A marking with surprisingly good results despite its low coverage, suitable only in bright ambience, however.*

Foto: H. Haupt.





■ **Abbildung 7:**

Sichtbare Markierungen, die im Flugtunnel von RÖSSLER getestet wurden. Von links nach rechts: 10v grün 0,5mm; Glasdekor 25; 10v Orange vertikal. Zu den Ergebnissen s. Abb. 5. – *Visible markings with test results available from RÖSSLER'S flight tunnel. From left to right: 10v green 0.5 mm; glass 25; 10v orange vertical. For the results cf. fig. 5.* Fotos: M. Rössler.

terschiede an beiden Seiten der Scheibe auftreten, anders als bei vielen Gebäudefenstern. Hier könnten Spiegelungen an der Außenseite die Wirkung von UV-Beschichtungen vermindern (SCHMID in litt. 2010), die weiter im Inneren des Glases angebracht sind (IRMSCHER in litt. 2010).

Die Frage der beidseitigen Wirksamkeit von UV-Markierungen an dem getesteten „Ornilux“-Produkt werfen auch LEY & FIEDLER (2007) auf, zumal ihre Untersuchungen darauf angelegt waren, die Eignung des Glases für transparente Lärmschutzwände zu testen. Nach Angaben des Herstellers sei jedoch nicht von einer beidseitigen Wirksamkeit auszugehen. In den Versuchen konnte dies nicht getestet werden, da zu wenige Vögel von der „Rückseite“ her anfliegen. Die Autoren kamen daher zu der Empfehlung, das getestete UV-Glas nicht einzusetzen, wenn beiderseitige Durchsicht gegeben ist.

Der Einsatz in Gebäudefenstern wurde aber in Betracht gezogen. Interessant ist jedoch, dass unter schlechterer Beleuchtung (bei bedecktem Himmel) die Erkennbarkeit der UV-Gläser für Vögel im Vergleich zu strahlungsreicher Witterung herabgesetzt war (vgl. aber unterschiedliche Auswertungsmöglichkeit in Tab. 3). Dieses Ergebnis ist bemerkenswert, da die Untersuchungen zu den hellsten Tagesstunden – um die Mittagszeit und zu den frühen Nachmittagsstunden – stattfanden. Die Ergebnisse von LEY & FIEDLER (2007) sind in Tab. 3 wiedergegeben.

LEY & FIEDLER deuten ihre Ergebnisse so, dass bei direkter Sonneneinstrahlung in zwei Versuchsreihen 89,6 bzw. 85,2% aller an die markierten Scheiben anfliegenden Vögel rechtzeitig ausgewichen sind und die Scheibe somit erkannt hätten

(bei bedecktem Himmel 77,5%). Damit wären die Ergebnisse im Freiland teilweise besser als im Flugtunnel, wo ein Anflugverhältnis von 24:76 ermittelt wurde (LEY 2006).

Die Daten von LEY & FIEDLER geben Anlass zu weiterführenden Gedanken. Ihre Freilanduntersuchungen und die Flugtunneltests von RÖSSLER machen deutlich, dass es nicht nur unterschiedliche Test-, sondern auch Auswertungsmöglichkeiten gibt. Konkret geht es um die Frage, welche Vögel in die Auswertungen einbezogen werden sollten und welche nicht.

LEY & FIEDLER berechnen den Prozentsatz derjenigen Vögel, die die markierte Scheibe erkannt haben könnten, aus dem Verhältnis von „Anprall“ und „Ausweichen“. Als Anprall wurden Berührungen des 40 cm vor den Glasscheiben gespannten Netzes gewertet. Als Ausweichen galten „abrupte Richtungsänderungen unmittelbar vor dem Netz oder Scheuen davor“. Auch vor den Glasscheiben im Flugtunnel RÖSSLER'S ist ein Netz gespannt, um Vögel rechtzeitig vor dem Anprall abzufangen. RÖSSLER schließt jedoch genau solche Vögel aus, die kurz vor dem Netz scheuen und die Richtung ändern. Er hält das Verhalten dieser Vögel für uneindeutig, weil eventuell das Netz von den Vögeln erkannt wurde und ihr Verhalten beeinflusst hat (z. B. RÖSSLER 2010).

Schließt man aus den Versuchen von LEY & FIEDLER diese vor dem Netz ausweichenden Vögel aus der Auswertung aus und stützt sich allein auf die Anprallereignisse, so erhält man statt 15:85 (gemitteltes Ergebnis aus den Teiluntersuchungen, n = 142) ein Anflugverhältnis von insgesamt 29:71, das den Flugtunnel-Ergebnissen von 24:76 recht gut entspricht. Unter dieser Prämisse verschwinden

■ **Tabelle 3:**

Ergebnisse der Freilandversuche von LEY & FIEDLER (2007, Tab. 1), ergänzt um alternative Auswertungsmöglichkeiten (vgl. Text). – *Results from the field experiments of LEY & FIEDLER (2007, Tab. 1), supplemented with suggested alternative analyses.*

Daten aus LEY & FIEDLER (2007)			Alternative Auswertung	
	Ornilux	Kontrolle	Anflüge Ornilux vs. Kontrolle	Anflugverhältnis: nur Anprallereignisse
Winterhalbjahr 2005/06 bei direkter Sonneneinstrahlung (25 Beob.-h)				
n Anflüge	48 = 100 %	41 = 100 %	48 vs. 41 → 53,9 %	
Ausweichen	43 = 89,6 %	20 = 48,8 %		
Anprall	5 = 10,4 %	21 = 51,2 %		5:21 abs. → 19:81 proz. n=26
Winterhalbjahr 2006/07 bei direkter Sonneneinstrahlung (28 Beob.-h)				
n Anflüge	54 = 100 %	25 = 100 %	54 vs. 25 → 68,4 %	
Ausweichen	46 = 85,2 %	10 = 40 %		
Anprall	8 = 14,8 %	15 = 60 %		8:15 abs. → 35:65 proz. n=23
Winterhalbjahr 2006/07 bei bedecktem Himmel (16 Beob.-h)				
n Anflüge	40 = 100 %	28 = 100 %	40 vs. 28 → 58,8 %	
Ausweichen	31 = 77,5 %	10 = 35,7 %		
Anprall	9 = 22,5 %	18 = 64,3 %		9:18 abs. → 33:67 proz. n=27
			<b>Summen (direkte Sonneneinstrahlung)</b>	
			102 vs. 66 → 60,7 %	13:36 abs. → 27:73 proz. n=49
			<b>Summen über alle</b>	
			142 vs. 94 → 60,2 %	22:54 abs. → 29:71 proz. n=76

auch die Unterschiede im Anflugverhalten bei verschiedenen Witterungsbedingungen (vgl. Tab. 3).

Hier kann und soll nicht entschieden werden, welche der Auswertungsmethoden für diesen Versuch die „richtige“ ist. Diese Überlegungen sollen deutlich machen, dass unsere Beobachtungsergebnisse noch nicht einheitlich interpretiert werden und auch deshalb Vorsicht bei der Beurteilung angezeigt ist, ob und wie „wirksam“ Schutzmaßnahmen gegen Vogelschlag sind.

Ein weiterer Gedanke: Obwohl die Scheiben gleich groß und direkt nebeneinander angebracht waren und obwohl die Position der Referenz- und der markierten Scheiben zumindest zwischen den Winterhalbjahren gegeneinander vertauscht war, flogen mit 60 % deutlich mehr Vögel in Richtung der markierten „Ornilux“-Scheibe als in Richtung der unmarkierten Kontrollscheibe (vgl. Tab. 3). Die Ursachen hierfür liegen im Dunklen. Über eine mögliche attraktive Wirkung von UV-Licht auf Vögel siehe folgendes Kapitel.

Jüngste Freilandversuche von Daniel KLEM aus dem Herbst 2010 (zum Aufbau vgl. KLEM 2009) erbrachten eine Wirkungslosigkeit von „Ornilux mikado“, denn es prallten vergleichbar viele Vögel

gegen diese Scheibe und gegen die unmarkierte Referenz. Mangels verfügbarer Herstellerinformationen ließ KLEM die UV-optischen Eigenschaften der Scheiben in zwei unabhängigen Labors testen. Das Ergebnis erstaunte: Das UV-Signal war schwächer und in einem engeren Wellenlängenbereich als dasjenige des zu Kontrollzwecken eingesetzten unmarkierten Glases (KLEM in litt. 2011). Die jüngsten Testergebnisse aus Freiland und Flugtunnel lassen sich damit gut erklären.

#### 4 Perspektive für UV-Markierungen: Viele offene Fragen

Wir wissen nicht, was Vögel „sehen“ und wie verbreitet die UV-Wahrnehmung bei Vögeln ist. Sinnesphysiologische, ethologische oder ökologische Forschungsarbeiten, die die UV-Wahrnehmung bei Vögeln einbeziehen, gibt es erst seit wenigen Jahrzehnten (BENNETT & THÉRY 2007). Direkte Nachweise der UV-Wahrnehmung liegen derzeit erst für wenige Dutzend Vogelarten vor. Aus diesen Ergebnissen und weiteren indirekten Hinweisen (v.a. aus dem Reflexionsverhalten von Federn, aber auch aus genetischen Analy-

sen) wird derzeit gefolgert, dass diese Fähigkeit bei Vögeln weiter verbreitet ist und möglicherweise nur bei nachtaktiven Arten und einigen anderen Vogelordnungen fehlt (BENNETT & CUTHILL 1994, EATON & LANYON 2003, MULLEN & POHLAND 2008, CARVALHO et al. 2011). Letzte Gewissheit über die Farbwahrnehmung bei Vögeln können jedoch nur Verhaltensuntersuchungen erbringen, die das gesamte relevante Farbspektrum einbeziehen (ANDERSSON & AMUNDSEN 1997, HART et al. 1998).

Die höchste Empfindlichkeit der für kurzwelliges Licht empfindlichen Zapfen im Vogelauge liegt bei den meisten Singvögeln und bei den Papageien im Wellenlängen-Bereich von 360-380 nm (UV-Rezeptoren), bei den meisten Nicht-Singvögeln deutlich getrennt davon jenseits der 400 nm (Violett-Rezeptoren; OSORIO et al. 1999, HART & HUNT 2007). Diese klare Zweiteilung spiegelt sich nicht in höheren systematischen Verwandtschaftsverhältnissen der Vogelarten wider, sondern wird auf adaptive Prozesse zurückgeführt (ÖDEEN & HÅSTAD 2003). Das optische System im Vogelauge scheint zur Wahrnehmung von ultraviolettem Licht deutlich empfindlicher zu sein als das für Licht im Spektralbereich, den auch wir Menschen wahrnehmen (BURKHARDT & MEYER 1989, BENNETT & CUTHILL 1994). Es gibt Anzeichen dafür, dass Vögel reflektiertes ultraviolettes Licht ebenso wie das anderer Wellenlängen auch chromatisch als eigene Farbqualität wahrnehmen (SMITH et al. 2009).

Unklar ist die Nutzbarkeit von geringen UV-Intensitäten zu den Zeiten nahe der Morgen- und Abenddämmerung, wenn aufgrund des niedrigen Sonnenstandes weniger UV-Licht die Erdatmosphäre durchdringt. Auch in dunkler Umgebung und in oder unter dichter Vegetation, die nicht viel ultraviolettes Licht reflektiert, könnte die Nutzung dieser Wellenlängen eingeschränkt sein (BORGIA 2008). Zwar ist die maximale Empfindlichkeit der UV-Rezeptoren weiter von der des Blau-Rezeptors im Vogelauge entfernt als die der Violett-Rezeptoren, was eine bessere Unterscheidbarkeit von Farbsignalen bewirkt. Dieser Vorteil verschwindet jedoch unter schwachem Umgebungslicht, da sich dann das „Rauschen“ der UV-Rezeptoren stärker bemerkbar macht als bei den Violett-Rezeptoren (SCHAEFER et al. 2007). Demgegenüber gibt es

Hinweise, dass Vögel auch in dunkler Umgebung ultraviolettes Licht als Signalfarbe nutzen können, etwa zum Auffinden und Erkennen des eigenen Geleges (AVILÉS et al. 2006) oder beim Sperren der Jungvögel von Höhlenbrütern. Die Wachshaut von Zwergohreulen-Küken reflektiert ultraviolettes Licht in Abhängigkeit vom Ernährungszustand und beeinflusst die Elterntiere offenbar beim Verteilen des Futters an die Jungtiere (PAREJO et al. 2010). Sowohl vor grau-braunem Hintergrund (wie beim Erdboden, bei abgestorbenen Blättern oder Baumrinde) als auch vor blattgrünem Hintergrund, die beide wenig UV-Licht reflektieren, wirkt beispielsweise der UV-reflektierende Scheitel von Blaumeisenmännchen deutlich kontrastierend und spielt eine Rolle bei der Partnerwahl (ANDERSSON et al. 1998). Unklar bleibt jedoch, wie stark die Reflexion sein muss, um biologisch relevant zu sein (EATON & LANYON 2003). Insbesondere sind die Grundlagen, wie in dunkler Umgebung die geringe Lichtausbeute physiologisch kompensiert werden kann, noch nicht geklärt (HOLVECK et al. 2010). Auch treten neben UV-Signalen mitunter gleichzeitig andere Signalgeber auf, etwa Farben im sichtbaren Spektrum oder ein höheres Körpergewicht (vgl. MOUGEOT & ARROYO 2006), die das beobachtete Verhalten ebenfalls beeinflussen könnten.

Aus den Hinweisen, dass Bewegungssehen bei Vögeln eher auf achromatischen Kontrasten im mittel- und längerwelligen Spektralbereich beruht (HART & HUNT 2007), könnten sich weitere Einschränkungen für UV-Markierungen ergeben. Möglicherweise werden im Flug – der klassischen Anprallsituation – kurzweilige bewegte Signale nicht oder nicht ausreichend verarbeitet. Andererseits fliegt der Vogel im Flugtunnel geradlinig und senkrecht auf die Scheibe zu, hat diese also während seines Fluges unverändert im Blick. Damit müsste der Flugtunnel tendenziell sogar bessere Ergebnisse für UV-Markierungen liefern. Nach ersten jüngeren Ergebnissen hingegen erscheinen die ultravioletten Anteile des Lichts bei der Erkennung bewegter Objekte hilfreich, ebenso wie eine höhere Helligkeit (RUBENE et al. 2010).

Weitgehend klar scheint zu sein, dass die Wirkung von UV-Signalen oftmals in für das Vogelindividuum positivem Verhaltenskontext eine Rolle spielt. Eine solche attraktive Wirkung wurde bei Nahrungssuche und Partnerwahl



■ **Abbildung 8:**

Nächtliche Spiegelung, auch eine Quelle für Vogelschlag? Die physiologische Forschung wirft zahlreiche Fragen auf, die die Wirksamkeit ultravioletter Markierungen gegen Vogelschlag schon tagsüber in Zweifel ziehen. - *Specular reflection by night, also responsible for bird strikes? Physiological research raises numerous questions casting doubts on the efficacy of ultraviolet markings against collisions even in daylight.* Foto: H. Haupt.

nachgewiesen (BURKHARDT 1982, BENNETT & CUTHILL 1994, VIITALA et al. 1995, ANDERSSON & AMUNDSEN 1997, HONKAVAARA et al. 2002, SIITARI & HUHTA 2002, SIITARI et al. 2002, s. aber CHURCH et al. 2001, Übersicht bei RAJCHARD 2009). Es wird derzeit noch davor gewarnt, Untersuchungsergebnisse (hier: zur Entdeckung UV-reflektierender Beeren als Nahrung und ihr Kontrast zur Umgebung), die an Vögeln mit Violett-Rezeptoren gewonnen wurden, ohne Weiteres auf Vögel mit UV-Rezeptoren zu übertragen (SCHAEFER et al. 2006). Unterschiede können auch altersbedingt sein: Jungvögel müssen die Nutzung von UV-Signalen bei der Nahrungssuche offenbar erst erlernen (SIITARI et al. 1999). Widersprüchliche Ergebnisse liegen hingegen für innerartliches Konkurrenzverhalten vor (s. ALONSO-ALVAREZ et al. 2004 und VEDDER et al. 2008).

Eine wesentliche Schlussfolgerung physiologischer und ethologischer Forschung scheint weiterhin zu sein, dass die Wirkung von UV-Signalen nicht allein, sondern immer im Zusammenhang mit den anderen sichtbaren Wellenlängen beurteilt werden muss und daher nicht überschätzt werden sollte (vgl. HUNT et al. 2001).

Aus den vorliegenden Untersuchungen bleiben viele offene Fragen, die geklärt werden sollten, bevor eine ausreichende Wirksamkeit von Glas-Markierungen im ultravioletten Spektralbereich vorausgesetzt werden kann. Einige davon sind die folgenden:

1. Vermindern Spiegelungen auf dem Glas die Wirksamkeit von UV-Markierungen?
2. Wirkt sich unterschiedlich intensive Hintergrund- bzw. Umgebungshelligkeit auf die Wirksamkeit der UV-Markierungen aus, und wenn ja, wie?
3. Sind UV-Markierungen in der Dämmerung genauso wirksam wie am Tage?
4. Welche Auswirkungen haben unterschiedliche Scheibenhintergründe auf die Wirksamkeit von Markierungen?
5. Werden UV-Markierungen von Vögeln mit UV-Rezeptoren ebenso wahrgenommen wie von Vögeln, die stattdessen Violett-Rezeptoren besitzen?
6. Spielt ultraviolettes Licht im Bewegungssehen von Vögeln eine ausreichende Rolle, um als „Warnsignal“ wahrgenommen werden zu können?
7. Sind UV-Signale bei Vögeln „positiv besetzt“ und führen tendenziell eher zur Anlockung?
8. Gibt es Unterschiede zwischen Jung- und Alt-tieren bei der Wirksamkeit von UV-Markierungen?

## 5 UV-Glas: Warum eine Marke kein Produkt ist

Angesichts der im vorigen Kapitel umrissenen Fragen ist es umso wichtiger, mit Begriffen, Namen und spezifischen Eigenschaften (z. B. Reflexionsverhalten im UV, Form der UV-

Markierung) sorgfältig umzugehen. Das betrifft schon den Namen des UV-Glases selbst. Bekannt ist es unter dem Handelsnamen „Ornilux“. Mit diesem Begriff wird eine Marke bezeichnet. Hinter dieser Marke verbergen sich mehrere Produkte („SB1“, „mikado“), die jeweils unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Es ist wichtig zu wissen, dass die Eigenschaften eines einzelnen Produktes nicht auf andere Produkte oder auf die gesamte Marke übertragen werden dürfen und dass unterschiedliche Produkte ganz unterschiedlich wahrgenommen werden können.

LEY (2006) untersuchte 17 verschiedene Typen von UV-Glas, ob sie von mitteleuropäischen Kleinvögeln wahrgenommen werden können. Von diesen 17 stellten sich nach Simulationsberechnungen zwei als wahrnehmbar heraus. Nur bei einem davon ließ sich das Ergebnis bis zu einer insgesamt ausreichenden Stichprobengröße experimentell im Flugtunnel wiederholen (LEY 2006). Es kann mangels verfügbarer Informationen nur gemutmaßt werden, dass es sich dabei um den Scheibentyp handelt, der dann unter dem Produktnamen „Ornilux SB1“ das erste kommerziell vertriebene UV-Glas wurde. Es wies eine Kombination UV-reflektierender und -absorbierender vertikaler Streifenmuster auf (LEY & FIEDLER 2007). Dieses Produkt wurde großflächig u.a. am Naturinformationszentrum Karwendel und im Stadtbad Plauen eingebaut. Untersuchungen, wie wirksam es sich nach dem Einbau vor Ort gezeigt hat, wurden und werden nach eigener Recherche nicht durchgeführt. Nähere Herstellerangaben zu den optischen Eigenschaften der verschiedenen Ornilux-Produkte und ihrer Vorläufer sind der Öffentlichkeit aus betrieblichen Gründen nicht zugänglich (IRMSCHER in litt. 2010). Auch gibt es bisher keine Angaben über die Haltbarkeit der UV-Markierungen oder darüber, ob bereits Materialprüfungen mit starker UV-Bestrahlung durchgeführt worden sind.

„Ornilux SB1“ ist heute nicht mehr erhältlich. Das derzeit verfügbare Nachfolgeprodukt firmiert unter dem Namen „Ornilux mikado“ (wegen der zufälligen Anordnung stäbchenförmiger Strukturen im Glas). Gab es zu „SB1“ noch die Untersuchungen von LEY (2006) und LEY & FIEDLER (2007), liegen zu „mikado“ derzeit keine veröffentlichten Daten darüber vor, wie wirksam es Vogelschlag vermeiden helfen kann. Die Herstellerfirma wirbt mit konkreten Angaben (GLASWERKE

ARNOLD 2010), die gut zu „SB1“ passen, während aktuelle Untersuchungsergebnisse von „mikado“ aus dem Herbst 2010 diese Werte nicht bestätigen (SHEPPARD in litt. 2010, 2011). Auch wurde eingeräumt, dass die vor einigen Jahren an der Vogelwarte Radolfzell unter Leitung des inzwischen verstorbenen H.-W. LEY durchgeführten Versuche mit „mikado“ schlechtere Resultate erbrachten (IRMSCHER in litt. 2010). In den jüngsten Freilandtests von KLEM aus dem Herbst 2010 erwies sich „mikado“ sogar als völlig unwirksam, denn es prallten etwa genauso viele Vögel gegen das UV-Glas wie gegen die Kontrollscheibe (KLEM in litt. 2011).

## 6 Der österreichische Standard

Untersuchungen und Empfehlungen zur Vermeidung von Vogelprall an Glasflächen sind in Österreich zuletzt stärker gefördert worden als in Deutschland. Insbesondere die Wiener Umweltschutzanwaltschaft (W. Doppler) hat daran einen großen Anteil (WUA 2011). Auf einer Fachtagung im Jahr 2008, bei der die mit dem Thema befassten Ornithologen aus Österreich, der Schweiz und Deutschland zusammengekommen waren, wurde diskutiert, wie die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen qualifiziert werden könne. Es entstand der Vorschlag, ein Anflugverhältnis von 10:90 im Tunnelversuch als Schwellenwert anzustreben, um eine Markierung als wirksam gegen Vogelschlag zu bezeichnen. Grundsätzlich solle für jedermann erkennbar sein, welches die wirksamsten Methoden sind (FIBY 2008).

Zwei Jahre später wurde das 10:90-Verhältnis in Österreich Standard. Es wurde die Technische Regel ONR 191040 in Kraft gesetzt, die für freistehende Glasscheiben und durchsichtige Glasbauwerke gilt (vgl. dazu die erwähnten methodischen Einschränkungen in Kap. 3.1.2). Sie definiert, wann in diesen Anwendungsbereichen von „Vogelschutzglas“ gesprochen werden darf. Unter genau festgelegten Versuchsbedingungen müssen in einem Flugtunnel mindestens 80 Versuchsvögel pro getestete Scheibe im Wahlversuch eingesetzt werden. Dabei darf die Testscheibe von höchstens 10 % aller Vögel angesteuert werden (AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE 2010). Um die aus den ermittelten Anflugverhältnissen abgeleiteten Wirksamkeits-Aussagen besser differenzieren zu

können, entwickelte RÖSSLER (2010) eine Kategorisierung für geprüfte Markierungen (Tab. 4).

## 7 Schlussfolgerung

Der Mensch als UV-blinder Organismus hat bei physiologischen und verhaltensbiologischen Forschungen an Vögeln lange Zeit vernachlässigt, dass die meisten Vögel ultraviolettes Licht wahrnehmen dürften (BURKHARDT 1982, EATON & LANYON 2003). Dies hat sich in den letzten Jahren geändert. Wenn Vögel wirksam gegen den Tod an Glasscheiben geschützt werden sollen, darf dieses neue Bewusstsein jedoch nicht dazu führen, das Pendel nun voreilig zur anderen Seite ausschlagen zu lassen. Die anfängliche Vernachlässigung der UV-Wahrnehmung darf beim heutigen Kenntnisstand nicht dazu führen, in UV-Markierungen eine optimierte oder auch nur besonders wirksame Maßnahme gegen Vogelschlag zu sehen. Zu viele Fragen sind offen und die bisher bekannt gewordenen Testreihen zur Wirksamkeit von UV-Glas verliefen eher ernüchternd. Dies kann in der mangelnden Eignung ultravioletter Markierungen *per se* begründet sein, aber auch in der mangelhaften (zu geringe Reflexion, zu enger oder falscher Spektralbereich) und/oder ungeeigneten Ausführung bisheriger UV-Markierungen: Die Wirkung von Markierungen, die sich nicht auf der vordersten Glasebene befinden, könnte durch Spiegelungen vermindert werden (SCHMID in litt. 2010). Trotz der auch grundsätzlichen Fragen zur Eignung von UV-Markierungen (s. Kap. 4) könnte es lohnen-

wert sein, auf diesem Weg weiter zu forschen. Solange aber keine deutlicheren Ergebnisse vorliegen, muss für den Vogelschutz in Bezug auf UV-Glas Folgendes gelten:

- Weder für den Einbau in Gebäuden noch bezüglich der Auswirkungen von Spiegelungen ist UV-Glas bisher belastbar getestet worden. Empfehlungen, das UV-Glas unter diesen Umständen zu verwenden, besitzen keine fachliche Grundlage und sollten daher nicht mehr ausgesprochen werden.
- Testverfahren und -ergebnisse zu UV-Glas liegen bisher nur für den Einsatz als freistehende Glasscheiben und in durchsichtigen Glasbauwerken vor. An solchen meist öffentlichen Bauten (d.h. Lärmschutzwände, Wartehallen, Verbindungsgänge) sind besser wirksame, sichtbare Markierungen erforderlich und vermittelbar. Auch für diese Anwendungsbe- reiche sollte UV-Glas also in aller Regel nicht empfohlen werden.

Somit ergeben sich kaum mehr Einsatzbereiche für das aktuell erhältliche UV-Glas. Wie die Erfahrung zeigt, muss vielmehr darauf geachtet werden, dass dieses kaum wirksame UV-Glas nicht dazu missbraucht wird, noch mehr Glasfassaden auch an sensiblen Stellen zu errichten. Dann wäre nämlich erreicht, was niemand will: Eine absolute Erhöhung der Zahl der Kollisionsopfer.

Es gilt daher weiterhin die (um ein Wort ergänzte) Empfehlung von RICHARZ (2001):

**Um Kollisionen weitgehend zu vermeiden, müssten Scheiben flächig *sichtbar* markiert oder durch alternative Materialien ersetzt werden. Völlige Transparenz und Vogelschutz sind leider unvereinbar.**

Kurzfristig sollten die Untersuchungen intensiviert werden, wie Markierungen optimiert werden können, die auch für Menschen sichtbar sind. In den letzten Jahren wurde beispielsweise ermittelt, wie gering der Deckungsgrad sichtbarer Markierungen sein kann. RÖSSLER & LAUBE (2008) und RÖSSLER (2010) konnten zeigen, dass sich schon mit einem Deckungsgrad von knapp 5% Vogelschlag hoch wirksam verhindern lässt. Damit sollten sich auch viele Vorbehalte gegenüber sichtbaren Markierungen reduzieren lassen. Der verkaufsfördernde Begriff „Vogelschutzglas“

■ **Tabelle 4:**

Abstufung der Wirksamkeit von Markierungen durch Ergebnisse im Wahlversuch und Kategorisierung der Eignung für den Vogelschutz (nach RÖSSLER 2010). – *Gradation of marking efficacy from choice trial results and categorization of appropriateness for bird conservation purposes (following RÖSSLER 2010).*

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

darf hingegen nicht ohne fachlich vertretbaren Hintergrund von Glasherstellern definiert werden (vgl. GLASWERKE ARNOLD 2010). Hierfür müssen einheitliche Testmethoden wissenschaftlich entwickelt und Schwellenwerte naturwissenschaftlich festgelegt werden. Um weitere Verwirrungen und Fehlinformationen zu vermeiden, sollten die Versuchsdesigns von Flugtunnel- und Freilandexperimenten standardisiert werden, sowohl für UV- als auch für konventionelle Markierungen. Erste Gespräche zwischen Fachleuten und Glasherstellern in diesem Jahr deuten darauf hin, dass der Versuchsaufbau von RÖSSLER et al. (2007) als ein solcher Standard anerkannt wird (FIEDLER in litt. 2011).

Im Folgenden kommt es darauf an, ein einheitliches Testverfahren zu etablieren, das den dunklen Hintergrund von Glasscheiben simuliert, die in Gebäudefassaden eingebaut sind. Von Privatwohnungen bis hin zu Geschäftsgebäuden spannt sich eine beachtliche Gefahrenquelle für Vögel auf. Alle bisherigen Testverfahren können jedoch diese Situation nicht abbilden und auch Spiegelungseffekte werden noch nicht erfasst (Abb. 9).

Eine zusammenfassende Übersicht über wirksame Vermeidungs- und Schutzmaßnahmen gegen Vogelschlag gibt RICHARZ (2001); neuere Testergebnisse über hoch wirksame Markierungen – auch solche mit geringem Deckungsgrad – hat die Wiener Umweltschutzgesellschaft durch RÖSSLER & DOPPLER (2011) zusammenstellen lassen. Die Einzelheiten zu Testmethoden und -ergebnissen bieten RÖSSLER & LAUBE (2008) und RÖSSLER (2010).



■ **Abbildung 9:**

Glasscheiben an Gebäuden und Spiegelungen: Zwei weit verbreitete Todesfallen für Vögel, für die aber bisher keine standardisierten Testverfahren für Glasmarkierungen existieren. – *Glass panes in building facades and mirror effects are common as deadly hazards for birds. However, standardized testing methods for glass markings under these circumstances do not exist.* Foto: H. Haupt.

**Dank.** Für zahlreiche Informationen, Anregungen und Einschätzungen, die mich vor und während der Entstehung dieses Beitrages erreichten, möchte ich mich bedanken bei W. Doppler (Wien, Österreich), W. Fiedler (Radolfzell), C. Irmscher (Remshalden), M. Jöbges (Recklinghausen), J. Kirchner (Merkendorf), D. Klem, Jr. (Allentown, PA, USA), H.-W. Ley † (Radolfzell), A. von Lindeiner (Hilpoltstein), M. Nipkow (Berlin), T. L. Pinnekamp (Merkendorf), M. Rössler (Wien, Österreich), P. Saenger (Allentown, PA, USA), H. Schmid (Sempach, Schweiz) und C. Sheppard (Washington, DC, USA). Ein ganz besonderes Dankeschön geht an M. Rössler für die kurzfristige Überlassung von Fotos.

## 8 Zusammenfassung

In der Öffentlichkeit und unter Vogelschützern wird über wirksame Maßnahmen gegen Vogelschlag an Glasscheiben verstärkt diskutiert. Insbesondere zur Wirksamkeit von Markierungen, die ultraviolette Licht reflektieren oder absorbieren, werden jedoch zahlreiche Missverständnisse und Fehlinformationen hervorgerufen und verbreitet. Dieser Beitrag erläutert die gängigen Testverfahren für Markierungen gegen Vogelschlag, weist auf Fallstricke bei der Interpretation der Versuchsergebnisse hin und gibt einen kurzen Überblick über aktuelle Erkenntnisse aus der Forschung zur Wahrnehmung von UV-Signalen durch Vögel. Alles in allem erscheint es derzeit verfrüht, UV-Markierungen eine ausreichende Wirksamkeit zur Vermeidung von Vogelprall an Glasscheiben zuzuschreiben.

## Literatur

- ALONSO-ALVAREZ, C., C. DOUTRELANT & G. SORCI (2004): Ultraviolet reflectance affects male-male interactions in the blue tit (*Parus caeruleus ultramarinus*). *Behav. Ecol.* 15 (5): 805-809.
- ANDERSSON, S. & T. AMUNDSEN (1997): Ultraviolet colour vision and ornamentation in bluethroats. *Proc. R. Soc. Lond. B* 264: 1587-1591.
- ANDERSSON, S., J. ÖRNBERG & M. ANDERSSON (1998): Ultraviolet sexual dimorphism and assortative mating in blue tits. *Proc. R. Soc. Lond. B* 265: 445-450.
- AUDUBON MINNESOTA (2010): Bird-safe building guidelines. Saint Paul MN, USA. <http://mn.audubon.org/birds-science-education/project-birdsafe/birdsafe-buildings> (letzter Zugriff 22.01.2011).
- AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE (2010): ONR 191040. Vogelschutzglas – Prüfung der Wirksamkeit. Wien. [http://www.as-search.at/\[kostenpflichtigerDownload\]](http://www.as-search.at/[kostenpflichtigerDownload]) (letzter Zugriff 15.10.2010).
- AVILÉS, J. M., J. J. SOLER & T. PÉREZ-CONTRERAS (2006): Dark nests and egg colour in birds: a possible functional role of ultraviolet reflectance in egg detectability. *Proc. R. Soc. B* 273: 2821-2829.
- BAUMGARTNER, A. (2010): Vogelschutz am Neubau auf dem Drachenfels. <http://rheinraum-online.de/2010/10/03/vogelschutz-am-neubau-auf-dem-drachenfels/> (letzter Zugriff 06.02.2011).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2010): Vogelschlag an Glasflächen vermeiden. *UmweltWissen* 106. [http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw\\_106\\_vogelschlag\\_an\\_glasflaechen\\_vermeiden.pdf](http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_106_vogelschlag_an_glasflaechen_vermeiden.pdf) (letzter Zugriff 22.01.2011).
- BENNETT, A. T. D. & I. C. CUTHILL (1994): Ultraviolet Vision in Birds: What is its Function? *Vision Res.* 34 (11): 1471-1478.
- BENNETT, A. T. D. & M. THÉRY (2007): Avian Color Vision and Coloration: Multidisciplinary Evolutionary Biology. *Am. Nat.* 169, Suppl.: S1-S6.
- BORGIA, G. (2008): Experimental blocking of UV reflectance does not influence use of off-body display elements by satin bowerbirds. *Behav. Ecol.* 19 (4): 740-746, doi:10.1093/beheco/arn010.
- BUER, F. & M. REGNER (2002): Mit „Spinnennetz-Effekt“ und UV-Absorbern gegen den Vogeltod an transparenten und spiegelnden Scheiben. *Vogel u. Umwelt* 13: 31-41.
- BUNDESVERBAND FLACHGLAS e.V. (O.J.): Konstruktiver Glasbau. <http://www.bundesverband-flachglas.de/der-baustoffglas/glasanwendungen/konstruktiver-glasbau/> (letzter Zugriff 22.01.2011).
- BURKHARDT, D. (1982): Birds, Berries and UV. A Note on some Consequences of UV Vision in Birds. *Naturwissenschaften* 69 (4): 153-157.
- BURKHARDT, D. & E. MAIER (1989): The Spectral Sensitivity of a Passerine Bird is Highest in the UV. *Naturwissenschaften* 76: 82-83.
- CARVALHO, L. S., B. KNOTT, M. L. BERG, A. T. D. BENNETT & D. M. HUNT (2010): Ultraviolet-sensitive vision in long-lived birds. *Proc. R. Soc. B* 278: 107-114, doi:10.1098/rspb.2010.1100.
- CHURCH, S. C., A. S. L. MERRISON & T. M. M. CHAMBERLAIN (2001): Avian ultraviolet vision and frequency-dependent seed preferences. *J. Exp. Biol.* 204: 2491-2498.
- EATON, M. D. & S. M. LANYON (2003): The ubiquity of avian ultraviolet plumage reflectance. *Proc. R. Soc. Lond. B* 270: 1721-1726.
- FIBY, M. (2008): Fachtagung der Wiener Umweltnarwaltschaft „Vogelanprall an Glasflächen“ am 26.2.2008 im Amtshaus der Stadt Wien, 1190 Wien, Muthgasse 62. Zusammenfassung der Vorträge und der Diskussion. Wien. [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) (letzter Zugriff 06.02.2011).
- GLASWERKE ARNOLD (2010): Vogelschutzglas aus Remshalden schafft Sprung über den „Großen Teich“. <http://www.glaswerke-arnold.de/cms.asp?ID=8717788&Mode=Detail> (letzter Zugriff 30.01.2011).
- HART, N. S. & D. M. HUNT (2007): Avian Visual Pigments: Characteristics, Spectral Tuning, and Evolution. *Am. Nat.* 169, Suppl.: S7-S26.
- HART, N. S., J. C. PARTRIDGE & I. C. CUTHILL (1998): Visual pigments, oil droplets and cone photoreceptor distribution in the European starling (*Sturnus vulgaris*). *J. Exp. Biol.* 201: 1433-1446.
- HOLVECK, M.-J., C. DOUTRELANT, R. GUERREIRO, P. PERRET, D. GOMEZ & A. GRÉGOIRE (2010): Can eggs in a cavity be a female secondary sexual signal? Male nest visits and modeling of egg visual discrimination in blue tits. *Biol. Lett.* 6: 453-457, doi:10.1098/rsbl.2009.1044.
- HONKAVAARA, J., M. KOIVULA, E. KORPIMÄKI, H. SIITARI & J. VIITALA (2002): Ultraviolet vision and foraging in terrestrial vertebrates. *Oikos* 98: 505-511.
- HUNT, S., I. C. CUTHILL, A. T. D. BENNETT, S. C. CHURCH & J. C. PARTRIDGE (2001): Is the ultraviolet waveband a special communication channel in avian mate choice? *J. Exp. Biol.* 204: 2499-2507.
- KLEM, D. (1989): Bird-window collisions. *Wilson Bulletin* 101 (4): 606-620.
- KLEM, D. (1990): Collisions between birds and windows: mortality and prevention. *Journal of Field Ornithology* 61 (1): 120-128.
- KLEM, D. (2009): Preventing bird-window collisions. *The Wilson Journal of Ornithology* 121 (2): 314-321.
- KÖNIG, C. (1962): Glaswände als Gefahren für die Vogelwelt. *Ber. Dtsch. Sekt. Int. Rat Vogelschutz* 2: 53-55.
- LEY, W. (2006): Experimentelle Tests zur Wahrnehmbarkeit von UV-reflektierenden „Vogelschutzgläsern“ durch mitteleuropäische Singvögel. *Ber. Vogelschutz* 43: 87-91.
- LEY, W. (2007): Experimentelle Überprüfung der Wirksamkeit einer mit birdpen beschichteten Musterscheibe gegen Vogelschlag. Unveröff. Typoskript, 1 S.
- LEY, H.-W. & W. FIEDLER (2007): Eignung von „Vogelschutz-Glas“ für transparente Lärmschutzwände. Abschlussbericht. Radolfzell. [http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/96539/L7525001.pdf?command=downloadContent&filename=L7525001.pdf&FIS=203les-von-esprit/id\\_41089372/index](http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/96539/L7525001.pdf?command=downloadContent&filename=L7525001.pdf&FIS=203les-von-esprit/id_41089372/index) (letzter Zugriff 22.01.2011).
- LINDEINER, A. VON, M. NIPKOW & A. SCHNEIDER (2010): Glasflächen und Vogelschutz – Praktische Hinweise zum vogelfreundlichen Bauen mit Glas sowie Möglichkeiten für nachträgliche Schutzmaßnahmen. Hiltpoltstein und Berlin. 27 S.



- LINDEINER, A. VON, M. NIPKOW & A. SCHNEIDER (2011): Glasflächen und Vogelschutz – Praktische Hinweise zum vogelfreundlichen Bauen mit Glas sowie Möglichkeiten für nachträgliche Schutzmaßnahmen. 2. aktualisierte Auflage (nur online). Hilpoltstein und Berlin. [http://www.lbv.de/fileadmin/www.lbv.de/service/Naturschutztipps/LBV\\_Glaslaechen\\_und\\_Vogelschutz\\_Broschuere\\_2te\\_Auflage.pdf](http://www.lbv.de/fileadmin/www.lbv.de/service/Naturschutztipps/LBV_Glaslaechen_und_Vogelschutz_Broschuere_2te_Auflage.pdf) und [http://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/vogelschutz/brosch\\_re\\_glasfl\\_chen\\_und\\_vogelschutz\\_ausgabe\\_2011.pdf](http://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/vogelschutz/brosch_re_glasfl_chen_und_vogelschutz_ausgabe_2011.pdf) (letzter Zugriff 07.11.2011).
- MOUGEOT, F. & B. E. ARROYO (2006): Ultraviolet reflectance by the cere of raptors. *Biol. Lett.* 2: 173-176.
- MULLEN, P. & G. POHLAND (2008): Studies on UV reflection in feathers of some 1000 bird species: are UV peaks in feathers correlated with violet-sensitive and ultraviolet-sensitive cones? *Ibis* 150: 59-68.
- ÖDEEN, A. & O. HÄSTAD (2003): Complex Distribution of Avian Color Vision Systems Revealed by Sequencing the SWS1 Opsin from Total DNA. *Mol. Biol. Evol.* 20 (6): 855-861. [Erratum: doi:10.1093/molbev/msi205]
- OSORIO, D., A. MIKLÓSI & Z. GONDA (1999): Visual ecology and perception of coloration patterns by domestic chicks. *Evol. Ecol.* 13: 678-689.
- OSRAM (2007): UV-Hochdruckstrahler Ultra-Vitalux 300-280 E27 [Produktdatenblatt]. <http://www.machhell.de/download/ULTRA-VITALUX.pdf> (letzter Zugriff 30.01.2011).
- PAJEJO, D., J. M. AVILÉS & J. RODRÍGUEZ (2010): Visual cues and parental favouritism in a nocturnal bird. *Biol. Lett.* 6: 171-173.
- POLTZ, W. & K. SCHREIBER (1985): Vogelschlag an transparenten Lärmschutzwänden. *Ber. Dtsch. Sect. Int. Rat Vogelschutz* 25: 155-160.
- RAJCHARD, J. (2009): Ultraviolet (UV) light perception by birds: a review. *Veterinari Medicina* 54 (8): 351-359.
- REGNER, M. (2003): Tod an Glasscheiben: Ist der Spinnennetz-Effekt die Lösung? *Falke* 50: 218-220.
- RICHARZ, K. (2001): Glasscheiben als Vogelfallen. In: RICHARZ, K., E. BEZZEL & M. HORMANN (Hrsg.): Taschenbuch für Vogelschutz. Aula-Verlag, Wiebelsheim: 143-148.
- RÖSSLER, M. (2005): Vermeidung von Vogelprall an Glasflächen. Weitere Experimente mit 9 Markierungstypen im unbeleuchteten Versuchstunnel. Wiener Umweltnatwtschaft. Hohenau a.d. March. 26 S.
- RÖSSLER, M. (2010): Vermeidung von Vogelprall an Glasflächen. Schwarze Punkte, Schwarz-orange Markierungen, Eckelt 4Bird\*, Evonik Soundstop\* XT BirdGuard. Wien. Wiener Umweltnatwtschaft, Eckelt Glas GmbH & Evonik Industries. 25 S.
- RÖSSLER, M. & W. DOPPLER (2011): Vogelprall an Glasflächen – geprüfte Muster. <http://wua-wien.at/home/naturschutz-und-stadtoekologie/vogelanprall/gepruefte-muster> [Testergebnisse verlinkt unter „Mehr Informationen“] (letzter Zugriff 22.08.2011).
- RÖSSLER, M. & W. LAUBE (2008): Vermeidung von Vogelprall an Glasflächen. Farben – Glasdekorfolie – getöntes Plexiglas. 12 weitere Experimente im Flugtunnel II. Niederösterreichische Umweltnatwtschaft. Wien. 36 S.
- RÖSSLER, M., W. LAUBE & P. WEIHS (2007): Vermeidung von Vogelprall an Glasflächen. Experimentelle Untersuchungen zur Wirksamkeit von Glas-Markierungen unter natürlichen Lichtbedingungen im Flugtunnel II. Hohenau a.d. March. 56 S.
- RUBENE, D., O. HÄSTAD, R. TAUSON, H. WALL & A. ÖDEEN (2010): The presence of UV wavelengths improves the temporal resolution of the avian visual system. *J. Exp. Biol.* 213: 3357-3363.
- SCHAEFER, H. M., D. J. LEVEY, V. SCHAEFER & M. L. AVERY (2006): The role of chromatic and achromatic signals for fruit detection by birds. *Behav. Ecol.* 17: 784-789, doi:10.1093/beheco/arl011.
- SCHAEFER, H. M., V. SCHAEFER & M. VOROBYEV (2007): Are Fruit Colors Adapted to Consumer Vision and Birds Equally Efficient in Detecting Colorful Signals? *Am. Nat.* 169, Suppl.: S159-S169.
- SCHMID, H. (2006): Vogelkiller Glas. Schweizerische Vogelwarte & Schweizer Vogelschutz SVS. Sempach & Zürich. 4 S.
- SCHMID, H. & A. SIERRO (2000): Untersuchungen zur Verhütung von Vogelkollisionen an transparenten Lärmschutzwänden. *Natur u. Landschaft* 75 (11): 426-430.
- SCHMID, H., P. WALDBURGER & D. HEYNE (2008): Vogelfreundliches Bauen mit Glas und Licht. Schweizerische Vogelwarte. Sempach. 49 S.
- SITTARI, H. & E. HUHTA (2002): Individual color variation and male quality in pied flycatchers (*Ficedula hypoleuca*): a role of ultraviolet reflectance. *Behav. Ecol.* 13 (6): 737-741.
- SITTARI, H., J. HONKAVAARA, E. HUHTA & J. VIITALA (2002): Ultraviolet reflection and female mate choice in the pied flycatcher, *Ficedula hypoleuca*. *Anim. Behav.* 63 (1): 97-102.
- SITTARI, H., J. HONKAVAARA & J. VIITALA (1999): Ultraviolet reflection of berries attracts foraging birds. A laboratory study with redwings (*Turdus iliacus*) and bilberries (*Vaccinium myrtillus*). *Proc. R. Soc. Lond. B* 266: 2125-2129.
- SMITH, E. L., V. J. GREENWOOD & A. T. D. BENNETT (2002): Ultraviolet colour perception in European starlings and Japanese quail. *J. Exp. Biol.* 205: 3299-3306.
- VEDDER, O., P. KORSTEN, M. J. L. MAGRATH & J. KOMDEUR (2008): Ultraviolet plumage does not signal social status in free-living blue tits; an experimental test. *Behav. Ecol.* 19: 410-416.
- VIITALA, J., E. KORPIMÄKI, P. PALOKANGAS & M. KOIVULA (1995): Attraction of kestrels to vole scent marks visible in ultraviolet light. *Nature* 373: 425-427.
- WUA, WIENER UMWELTNATWTSCHAFT (2011): Vogelprall an Glasflächen. <http://wua-wien.at/home/naturschutz-und-stadtoekologie/vogelanprall-an-glaslaechen/> (letzter Zugriff 06.02.2011).

## Anhang

Freilandexperimente von KLEM (2009) mit verschiedenen UV-reflektierenden und -absorbierenden Materialien. Angegeben sind die in den Versuchsreihen I bis VI getesteten Markierungen mit den vom Autor verwendeten Kürzeln, die Anzahl kollidierter Vögel und deren relative Verteilung innerhalb der Versuchsreihen. Die Wirksamkeit einer jeden getesteten Markierung kann in Form ihres Verhältnisses zur jeweiligen Referenzscheibe auch zwischen den einzelnen Versuchsreihen verglichen werden, wenn die einzelnen Scheiben als unabhängige Variablen betrachtet werden können. \*: widersprüchliche Angaben im Text, 5 cm sind korrekt (KLEM in litt. 2011); \*\*: im Text sind 80 % angegeben, beruht auf einer Fehlinformation der Herstellerfirma (KLEM in litt. 2011). Für weitere Informationen s. Originalarbeit. – *Field experiments from KLEM (2009) with various UV-reflecting and -absorbing materials. Tested markings from field experiments #1 to #6 are accompanied by the author's abbreviations, no. of colliding birds and their proportions within each of the experiments. The efficacy of each of the tested markings can be compared between the experiments via their relation to the respective clear glass control, provided that all glass plates can be considered as independent variables.\*: contradictory specification in the text, 5 cm is correct (KLEM in litt. 2011); \*\*: 80 % given in the text due to misinformation from the manufacturing company (KLEM in litt. 2011). – See original paper for further information.*

I, 05.-27.12.2005					
1. unmarkiertes Kontrollglas		14	33 %		
2. entspiegelte Glasscheibe		28	67 %		
3. UV-absorbierende vertikale Streifen („plastic strips“), 3,2 mm dick (Ränder sichtbar), 2,5 cm breit, 5 cm Abstand		0	0 %		
	Summe	42	100 %		
II, 01.02.-29.03.2006					
1. unmarkiertes Kontrollglas		35	64 %		
2. durchsichtige UV-absorbierende Folie		12	22 %		
3. dgl., in vertikalen Streifen, 2,5 cm breit, 5 cm Abstand		8	14 %		
	Summe	55	100 %		
III, 22.11.2006-23.02.2007					
1. unmarkiertes Kontrollglas		51	26 %		
2. durchsichtige UV-absorbierende Folie, Scheibenaußenseite (UVC-O)		24	12 %		
3. dgl., Innenseite (UVC-I)		20	10 %		
4. UV-absorb. Folie, 20% durchlässig für sichtbares Licht, 65% reflektierend (REX20), hoch reflektierend		30	15 %		
5. UV-absorb. Folie, 35% durchlässig für sichtbares Licht, 55% reflektierend (REX55), hoch reflektierend		24	12 %		
6. UV-absorb. Folie (NEX1020), mäßig reflektierend		21	11 %		
7. UV-absorb. Folie (RK20), gering reflektierend		24	12 %		
	Summe	149	100 %		
IV, 10.03.-03.05.2007					
1. unmarkiertes Kontrollglas		49	64 %		
2. UVC-O vertikale Streifen, 2,5 cm breit, 5 cm* Abstand		27	35 %		
3. CollidEscape Folie, Scheibenaußenseite		1	1 %		
	Summe	77	100 %		
V, 29.10.2007-09.02.2008 / VI, 29.02.-25.04.2008					
		V		VI	
1. unmarkiertes Kontrollglas	60	70 %	38	69 %	
2. durchsichtige UV-reflektierende Folie, 40%** reflektierend, Außenseite (CUV-O)	8	9 %	11	20 %	
3. dgl., Innenseite (CUV-I)	7	8 %	entf.	entf.	
4. vertikale Streifen im Wechsel: reflekt. 2,5 cm breit / absorb. 5 cm breit, Außenseite (S-1R)	2	2 %	3	5,5 %	
5. vertikale Streifen im Wechsel: reflekt. 5 cm breit / absorb. 2,5 cm breit, Außenseite (S-2R-O)	1	1 %	3	5,5 %	
6. dgl., Innenseite (S-2R-I)	4	5 %	entf.	entf.	
7. Gitter. Vertikale Streifen: UV-reflekt. 10 cm breit / UV-absorb. 2,5 cm breit; horizontale Streifen: UV-reflekt. 8 cm breit / UV-absorb. 2,5 cm breit; Außenseite (GRID)	4	5 %	entf.	entf.	
	Summen	86	100 %	55	100 %

Berichte zum

# Vogel- schutz



**Inhalt** Heft Nr. 47/48 • 2011

- Lindeiner, A. von: Neue Entwicklungen im Vogelschutz und Aktivitäten des Deutschen Rates für Vogelschutz (DRV) in den Jahren 2010 und 2011
- DRV, DO-G & DDA: Stummer Frühling in der Feldflur: Bedrohung der Agrarvögel und politische Handlungsnotwendigkeiten
- Nipkow, M., A. von Lindeiner & H. Opitz: Der Kormoran – Vogel des Jahres 2010. Eine Bilanz von NABU und LBV
- Gschweng, M. & A. von Lindeiner: Kritische Betrachtung zum Eintrag von Totholz in Fließgewässer als eine Methode zum Schutz von Fischbeständen vor der Prädation durch Kormorane
- Kreiser, K.: Neue Hoffnung? – Analyse der wichtigsten Ergebnisse der 10. Vertragsstaatenkonferenz der UN-Konvention über die Biologische Vielfalt in Nagoya
- Bauer, H.-G., M. Boschert, H. Haupt, O. Hüppop, T. Ryslavy & P. Südbeck: Rote Listen der Brutvögel der deutschen Bundesländer – erneuter Aufruf zur zeitlichen Synchronisation und methodischen Einheitlichkeit
- Steiof, K.: Handlungserfordernisse im Umgang mit nichtheimischen und mit invasiven Vogelarten in Deutschland
- Nehring, S.: Warum ein differenzierter Umgang mit gebietsfremden Vogelarten sinnvoll ist und welches naturschutzfachliche Instrument dabei in Deutschland Anwendung finden sollte
- Bauer, H.-G. & F. Woog: Bemerkungen zur „Invasivität“ nichtheimischer Vogelarten
- Haupt, H.: Auf dem Weg zu einem neuen Mythos? Warum UV-Glas zur Vermeidung von Vogelschlag noch nicht empfohlen werden kann
- Haupt, H.: Massen-Irritation ziehender Singvögel durch Straßenbeleuchtung
- Langgemach, T. & B.-U. Meyburg: Funktionsraumanalysen – ein Zauberwort der Landschaftsplanung mit Auswirkungen auf den Schutz von Schreiadlern (*Aquila pomarina*) und anderen Großvögeln
- Hirschfeld, A.: Verbreitung und mögliche Auswirkungen illegaler Verfolgungsaktionen auf den Bestand des Rotmilans (*Milvus milvus*) in Deutschland
- Schwandner, J. & T. Langgemach: Wie viel Lebensraum bleibt der Großtrappe (*Otis tarda*)? Infrastruktur und Lebensraumpotenzial im westlichen Brandenburg



Herausgeber:

Deutscher Rat für Vogelschutz  
[www.drv-web.de](http://www.drv-web.de)



NABU – Naturschutzbund Deutschland  
[www.nabu.de](http://www.nabu.de)

Redaktionsteam: Sabine Baumann,  
Jochen Bellebaum, Peter Herkenrath,  
Markus Nipkow, Helmut Opitz und  
Janine Schneider.

Schriftleitung: Ubbo Mammen  
ISSN 0944-5730

