



vogelwarte.ch



**Vogelfreundliches Bauen
mit Glas und Licht**

Vogelfreundliches Bauen mit Glas und Licht

Martin Rössler, Wilfried Doppler, Roman Furrer, Heiko Haupt,
Hans Schmid, Anne Schneider, Klemens Steiof, Claudia Wegworth



vogelwarte.ch



Impressum

Vogelfreundliches Bauen mit Glas und Licht

Autoren:

Martin Rössler, Wilfried Doppler, Roman Furrer, Heiko Haupt, Hans Schmid, Anne Schneider, Klemens Steiof, Claudia Wegworth

Herausgeberin:

Schweizerische Vogelwarte Sempach

Mitherausgeber:

Wiener Umweltanwaltschaft (WUA), Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND), Landesbund für Vogelschutz in Bayern (LBV), collabs/Biologische Station Hohenau-Ringelsdorf

Unterstützende Organisationen:

BirdLife Schweiz, Lega italiana protezione uccelli (Lipu), Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO), Bundesamt für Naturschutz (BfN), Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten (LAG VSW), Naturschutzbund Deutschland (NABU), Dark-Sky Switzerland, Schweizerischer Fachverband für hinterlüftete Fassaden (SFHF), Schweizerisches Institut für Glas am Bau (SIGAB), Metaltec Suisse

Für die freundliche Unterstützung, fachliche Beratung, Anregungen zum Manuskript etc. danken wir den folgenden Personen und Institutionen:

Reinhard Brandstetter, Verein AURING - Hohenau; Deutsche Postcode Lotterie; Marco Dinetti, Lega italiana protezione uccelli (Lipu); Judith Förster; freiwillige Mitarbeitende von collabs/Biologische Station Hohenau-Ringelsdorf; Christa Glauser, Eva Inderwildi, BirdLife Schweiz; Wolfgang Laube, Universität für Bodenkultur Wien (BOKU); Paloma Plant, Fatal Light Awareness Program (FLAP) Canada; Werner Schulz; Sylvia Weber, LBV München; Sigrid Weiss-Lutz; Cathy Zell, Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO); René Altermatt, Marcel Burkhardt, Barbara Helm, Daniela Heynen, Hannes von Hirschheydt, Isabelle Kaiser, Matthias Kestenholz, Peter Knaus, Jacques Laesser, Paola Ricceri, Arno Schneider, Nicolas Sironi, alle Schweizerische Vogelwarte Sempach

Layout:

Isabelle Kaiser & Marcel Burkhardt

Foto Titelseite:

Futurium in Berlin, RICHTER MUSIKOWSKI Architekten (Foto: Gianmarco Bresadola)

Fotos:

Portrait (10 [1]), M. Apollonio (21 [1]), Avda / avda-foto.de (14 [1]), G. Brandtner (24), S. Brauner Grafik (55 [1]), M. Burkhardt (49 [1]), M. Cappelletti (20 [1]), caspar./HGEsch (30), Chiemseherin (10 [3]), M.-N. Dailly (18 [1]), I. Derschmidt Grafiken (26, 27), M. Dinetti (8 [2]), W. Doppler (16 [1,2,5], 17 [1,2,4,6], 29, 31, 46, 59 [1,4], 61 [2,10,11]), D. Feng (12 [2]), S. Feyissa (59 [3]), Flagstaff Darksky Coalition (55), R. Furrer (27 [1]), A. Gaia (50 [1]), P. Gapp (36 [1], 37 [9], 38 [1–10], 39 [1–10], 40 [1–10], 41 [1–4]), B. Georg (43 [2]), M. Haller (48 [1]), A. Hänel Grafik (53), H. Haupt (51 [1,2]), M. Huryn (7), E. Inderwildi (13, 17 [3]), T. Jantscher (22 [2]), M. Jezyk (18 [2]), M. Koring (52), C. Lendl (54), H. Morimoto (10 [2]), W. Moser (14 [2]), NABU Brandenburg (51 [3]), D. Occhiato (5), U. Pohlmann (14 [3]), M. Roessler (16 [3,4], 27 [2], 32 [2,3], 33 [2,3], 34, 35, 36 [2–7], 37 [8, 10–14], 59 [7,8]), S. Rosenberg (19 [2]), scarchitekten Springer Jörg Mieth Robert (44 [3]), H. Schmid (12 [1], 16 [6], 45 [2,3], 61 [7, 8]), M. Schmitt (25), A. I. Schnabel (20 [2]), A. Schneider (48 [2]), K. Schreiber (50 [3]), D. Schreyer (21 [2]), W. Schulz (6, 15 [3]), Schweizerische Vogelwarte (44 [4], 58, 59 [5,6], 60, 61 [5,6]), SEEN AG (32 [1], 33 [3], 61 [4,12]), K. Steiof (47 [1]), O. Subach (50 [2]), Terrain Integral Desings E. Fornasa (44 [1,2]), V. Tsu (19 [1]), S. Weber (9, 22 [1], 49 [3], 61 [9]), C. Wegworth (15 [1,2], 17 [5], 42 [1,2], 43 [1], 45 [1], 47 [2], 48 [3], 49 [2], 59 [2,9,10,11,12], 61 [1,3], 8 [1])

Zitiervorschlag:

Rössler, M., W. Doppler, R. Furrer, H. Haupt, H. Schmid, A. Schneider, K. Steiof & C. Wegworth (2022): Vogelfreundliches Bauen mit Glas und Licht. 3., überarbeitete Auflage. Schweizerische Vogelwarte Sempach.

ISBN: 978-3-85949-032-1

Kontakt:

Schweizerische Vogelwarte, CH-6204 Sempach, Tel. (+41) 41 462 97 00, glas@vogelwarte.ch

© 2022, Schweizerische Vogelwarte Sempach



Schweizerisches Institut für Glas am Bau
Institut Suisse du verre dans le bâtiment
Istituto Svizzero del vetro nella costruzione



Inhalt

Vorwort	5
1 Glas, ein problematischer Stoff	6
2 Glas als Vogelfalle	8
2.1 Durchsicht	8
2.2 Spiegelung	9
2.3 Vogelaktivität, Bauwerksumgebung und Architektur	11
2.3.1 Aktivität	11
2.3.2 Umgebung	12
2.3.3 Architektur	14
2.4 «So nicht» – Beispiele für gefährliche Glasbauten	16
3 Vogelfreundliche Massnahmen	18
3.1 Bautechnische Lösungen für vogelfreundliche Bauwerke	18
3.2 Markierung von Glasflächen	23
3.2.1 Wie erkennen Vögel Hindernisse?	23
3.2.2 Standardisierte Prüfverfahren	24
3.2.3 Hohenauer Bewertungsschema: Das Konzept hoch wirksamer Markierungen	29
3.2.4 Kriterien für hoch wirksame Vogelschutzmarkierungen	30
3.2.5 Aktuelle Entwicklungen bei Vogelschutzgläsern für Fenster und Fassaden	31
3.2.6 Zusammenstellung im Flugtunnel geprüfter Markierungen	35
3.3 Nachrüstung	42
4 Ungeeignete Massnahmen	46
5 Lichtverschmutzung	50
6 Auf einen Blick	56
6.1 Merkmale	56
6.2 Gefährliche Glasflächen	58
6.3 Vogelfreundliche Lösungen	60
Weiterführende Informationen	62

Vorwort

Die unsichtbaren Grenzen des Vogelflugs

Wenn Menschen Vögel sehen, wie sie flink von Baum zu Baum fliegen oder hoch oben im Himmel kreisen, sehnen wir uns manchmal danach, es ihnen gleichzutun zu können. Dabei sind uns Gefahren, die auf Vögel lauern, kaum bewusst. Es sind Glasscheiben, die aus unserem Leben kaum mehr wegzudenken sind und zu einem modernen «Lifestyle» gehören. Für die wichtige Rolle, die Glas in unserer Gesellschaft spielt, haben die Vereinten Nationen 2022 zum «Jahr des Glases» erkoren. Glas hat jedoch auch Schattenseiten: Obwohl sich Vögel in erster Linie optisch orientieren, sind sie nicht in der Lage, Glas zu erkennen. Jährlich sterben Millionen Vögel an Kollisionen mit Glas, womit der Tod an Scheiben heute eines der grössten Vogelschutzprobleme im Siedlungsraum ist. Mit der steten Ausdehnung des Siedlungsgebiets und der steigenden Beliebtheit von Glas an Gebäuden wird das Problem immer akuter.

Dabei liessen sich Glasopfer mit einfachen Massnahmen verhindern. Frühere Ausgaben dieser Publikation erschienen 2008 und 2012. Sie stiessen auf ein grosses Echo und die Empfehlungen werden immer mehr berücksichtigt. In der Zwischenzeit gibt es aber etliche neue Erkenntnisse und Produkte, weshalb sich eine vollständig überarbeitete Ausgabe aufgedrängt hat. Die Schweizerische Vogelwarte Sempach ist als Herausgeberin der Broschüre bemüht, dieses Thema auch ausserhalb der Schweiz zu verbreiten. Für die Neuauflage ging die bewährte, schon 20 Jahre dauernde Zusammenarbeit von Wissenschaftlerinnen und Fachleuten aus der Praxis aus Deutschland, Österreich und der Schweiz weiter. Die Glasbroschüre ist zwar konzipiert für den deutschsprachigen Raum, kann aber dank der Übersetzung in andere Sprachen auch im europäischen Ausland eingesetzt werden. Durch die in der Broschüre zusammengestellten Informationen können Architekten, Planerinnen, Bauherren und Vertreter aus der Glasindustrie Lösungen finden, die den Vogelschutz an neuen Gebäuden gewährleisten. Zudem finden sich Lösungen für Nachrüstungen bei bereits bestehenden Gebäuden.

Im privaten wie im öffentlichen Raum bleibt noch viel zu tun. Wir sind allen dankbar, die mithelfen, den Tod unzähliger Vögel zu verhindern. Die Vögel freuen sich, wenn fantasievolle und ästhetisch interessante Lösungen umgesetzt werden!

Peter Knaus
Leiter Förderung, Schweizerische Vogelwarte Sempach



1 Glas, ein problematischer Stoff

Die Lebensraumqualität der Agrarräume und auch vieler Naturlandschaften in Mitteleuropa ist in den letzten 50–100 Jahren für viele Tierarten, besonders auch für Vögel, drastisch gesunken. Demgegenüber finden Vögel im menschlichen Siedlungsraum – gerade auch in vielen Städten – noch recht vielfältige Lebensräume. Insbesondere Gehölzbestände in Parkanlagen, auf Friedhöfen, auf unbebauten Grundstücken und an Strassen sind hier zu nennen. Diese werden von zahlreichen Brutvögeln, aber auch von sehr vielen Durchzüglern und Wintergästen genutzt.

Jedes Jahr sterben viele Millionen Vögel beim Anprall an Glasflächen

Glas ist für die Vögel ein Gefährdungsfaktor, der in den letzten Jahrzehnten immer prominenter geworden ist. Opfer von Kollisionen sind viele im urbanen Raum verbreitete Vogelarten, doch Arten wie Waldschnepfe, Eisvogel, Sperber und Habicht kommen auch als Rastvögel und Nahrungsgäste relativ häufig an Scheiben um. Aber auch ausserhalb der Städte wird Glas immer öfter zur Gefahr für Vögel. Eine Hochrechnung der Staatlichen Vogelschutzwarten in Deutschland hat ergeben, dass jährlich alleine in diesem Land ca. 100–115 Millionen Vögel an Glas verunglücken. Das sind über 5 % aller Vogelindividuen, die in Deutschland im Jahresverlauf vorkommen^[1]. Für vergleichbar dicht besiedelte Länder dürften die Zahlen ähnlich liegen. Für die USA etwa haben Hochrechnungen Vogelverluste durch Glas von jährlich 365 bis 988 Millionen ergeben^[2]. Unsere Zugvögel stossen mittlerweile vielerorts auf Glas, auch auf ihrem Zug etwa im Mittelmeerraum. Da Zugvögel weltweit überdurchschnittlich gefährdet sind, könnte

Glas somit als weiterer Faktor die Populationen zusätzlich beeinträchtigen.

Die Fläche tödlicher Glasflächen wächst rapide

Zu Recht kann man einwerfen, dass in vielen Mittelmeerländern alljährlich Millionen Zugvögel geschossen oder mit Fallen und Netzen gefangen werden. Alleine entlang der ägyptischen Mittelmeerküste wurden 700 Kilometer Stellnetze festgestellt. Im Vergleich dazu muss man sich vor Augen halten, dass weltweit aktuell etwa 85 Millionen Tonnen Flachglas pro Jahr hergestellt und davon 30–40 % für Gebäudehüllen verwendet werden. Bei mittleren Glasdicken von Fenstern und Fassaden von 1–2 cm entspricht dieser jährliche Zuwachs an Glas einer Fläche von ca. 800 000 000 Quadratmetern, einer gedachten 100 Meter hohen Glaswand von 8000 km Länge, einer Strecke von Paris bis Peking. Wohlgemerkt: der jährliche Zuwachs! Von Glasflächen geht ein über die ganze Welt verbreitetes Risiko für die Vögel aus. Deren Kollisionstod ist völlig unbeabsichtigt – und wäre meist vermeidbar.

Der stille Tod unserer Vögel

Wie kommt es, dass uns das Problem trotz dieser Dimensionen noch immer so wenig bewusst ist? Wir würden schon etwas mehr Vogelanzahl wahrnehmen, wenn wir manche Glasflächen genauer in Augenschein nähmen. Grössere Vögel (vor allem Tauben, Spechte, Greifvögel) hinterlassen bei der Kollision des Öfftens Gefiederabdrücke, und auch einzelne unscheinbare Federn können von einem Anprallereignis zeugen. Die meisten Vögel, vor allem kleinere, verursachen allerdings keine Spuren am Glas



Glasfassaden mit jeweils vielen hundert Quadratmetern entstehen weltweit und führen zu global stark ansteigenden Vogelverlusten. Ein grundsätzliches Umdenken ist erforderlich, damit Vogelkollisionen an Glasflächen nicht weiter zunehmen.

und ihre Kadaver werden meist innerhalb kurzer Zeit entsorgt: nachts durch Füchse, Ratten, Katzen und Marder, tagsüber vor allem durch Krähen und Elstern. Insbesondere an besonders «ergiebigem» Glasfassaden kontrollieren diese Aasverwerter regelmäßig. Auch Reinigungsdienste und Hauswarte entsorgen verunfallte Vögel. Die drastische Unterschätzung des Vogelanpralls wird also oft erst bei intensiven systematischen Kontrollen deutlich.

Es muss nicht immer Glas sein

Glas ist ein vergleichsweise preisgünstiger Baustoff. Er hat jedoch auch Nachteile wie Reflexionen von Schall und Sonnenstrahlung, Aufheizen der Innenräume im Sommer, Wärmeverluste im Winter und hohen Energieverbrauch für die Produktion. Sein Einfluss auf die Biodiversität dieses Planeten macht es erforderlich, den Umgang mit Glas grundlegend zu hinterfragen. Es ist sinnvoll, im Einzelfall kritisch über die Verwendung von Glas an Bauwerken nachzuden-

ken, bevor völlig «transparente» Entwürfe realisiert werden. Und sollte doch viel Glas verwendet werden, gibt es einfache Möglichkeiten, Vogelanprall an Glas drastisch zu verringern, ohne die freie Durchsicht wesentlich einzuschränken – diese Möglichkeiten sollen hier aufgezeigt werden. Rein ästhetische Aspekte in der Gestaltung dürfen nicht auf Kosten der Artenvielfalt gehen!

Lichtverschmutzung als «Vogelkiller»

Nicht nur bei Tageslicht bedeutet Glas wegen dessen Durchsicht und wegen der Spiegelungen eine grosse Gefahr. Angelockt durch die ausufernde Beleuchtung kollidieren zahllose Zugvögel in der Nacht mit Scheiben und Lichtquellen. Diese Lichtverschmutzung hat vielfältige Auswirkungen auf wildlebende Organismen wie Fledermäuse und Insekten, aber auch auf den Menschen. Wir zeigen deshalb, mit welchen Massnahmen sich auch diese Gefährdungen auf einfache Weise reduzieren lassen.



Kollisionsoffer, die während des Frühjahrs- und Herbstzuges des Jahres 2017 in einigen Gebieten von Toronto, Mississauga und Markham von Freiwilligen der Organisation FLAP (Fatal Light Awareness Program) Canada gesammelt worden sind.

^[1] LAG VSW – Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten (2017): Der mögliche Umfang von Vogelschlag an Glasflächen in Deutschland – eine Hochrechnung. Berichte zum Vogelschutz 53/54: 63–67.

^[2] Loss, S. R., T. Will, S. S. Loss & P. P. Marra (2014): Bird-building collisions in the United States: Estimates of annual mortality and species vulnerability. Condor 116: 8–23.

2 Glas als Vogelfalle

Transparente Architektur auf Kosten der Vögel

In der zeitgenössischen Architektur nimmt Glas eine wichtige Stellung ein. Die optische Eigenschaft, durchsichtig und «wie Luft» zu erscheinen, verleiht ihm eine häufig erwähnte Leichtigkeit. Sie ermöglicht aus Sicht der Architektur eine Interaktion zwischen Innen- und Aussenraum, schafft fließende Übergänge und eine freie Verbindung mit der Umgebung des Gebäudes bei gleichzeitiger wohltuender klimatischer und physischer Abgrenzung. Von aussen gesehen tritt eine weitere Eigenschaft hinzu, die oft bewusst eingesetzt wird: mit seiner glatten

Oberfläche spiegelt Glas das Gegenüber und ermöglicht ein Spiel mit der Architektur benachbarter Bauten, der umgebenden Natur und mit den Wolken. Auch nächtliche Beleuchtung des Innenraumes dringt durch Glas effektiv nach aussen und kreiert damit architektonisch gewünschte nachleuchtende Körper.

Aus Sicht des Vogelschutzes haben Durchsicht, Spiegelung und Beleuchtung jedoch eine desaströse Kehrseite, die für Vögel gravierende und tödliche Risiken beinhaltet und jährlich Milliarden von ihnen das Leben kostet.

2.1 Durchsicht

Die unsichtbare Mauer

Vögel nehmen Hindernisse optisch wahr – genau wie wir Menschen. Optisch wahrnehmbar wird ein Hindernis durch eine äussere Kontur und eine innere Textur^[3] und beides fehlt Glas. So sind transparente Glaswände für Vögel, aber auch für Menschen, optisch nicht von Luft zu unterscheiden. Es liegt in unserem menschlichen Erfahrungsschatz, an bestimmten Stellen eines Gebäudes mit Glas zu rechnen. Wir orientieren uns unbewusst an Gebäudekanten, an bestimmten sich wiederholenden Fenster- und Fassadenstrukturen, an Befestigungselementen etc. und haben Glas als Teil unserer Umwelt verinnerlicht. Und dennoch: Auch für Menschen wird Glas an vielen öffentlichen Gebäuden auf Augenhöhe markiert, da es in

ungewohnter Umgebung immer wieder zu Unfällen kommt. Vögel haben diese Erfahrungen nicht. Wenn sich eine Glasscheibe vor einem für sie attraktiven Lebensraum befindet, z.B. einem Gehölz, kann ein darauf zufliegender Vogel den Festkörper nicht erkennen. Vögel bewegen sich zudem schneller durch die Luft als der Mensch am Boden, dadurch wird Glas zur meist tödlichen Falle.

Durchsichtssituationen, im Unterschied zu auftretenden Spiegelungen, entstehen, wenn es hinter einer Glasscheibe gleichermassen hell ist wie im Vordergrund. Derartige Bedingungen finden sich in der Regel an freistehenden Lärmschutzwänden, Glasbrüstungen, aus Glas gebauten Unterständen an Haltestellen des öffentlichen Verkehrs etc. Auch bei Ge-



Transparenz und Offenheit als Ideal der Moderne prägen die Architektur der Neuen Nationalgalerie Berlin. Für Vögel wird der freie Blick durch das gläserne Gebäude zur tödlichen Falle.



Beim Padel-Tennis sind die Spielfelder teilweise von transparentem Kunststoffglas umgeben. Aus Spanien, Italien und anderen europäischen Ländern gibt es Nachweise zahlreicher Vogelkollisionen an solchen Begrenzungswänden.

bäuden gibt es Bereiche, die Durchsichten zulassen, so etwa verglaste Verbindungsgänge und Über-Eck-Verglasungen, durch die Vögel den Himmel oder Grünstrukturen sehen. Grosse Gefahren gehen daher auch von Wintergärten, verglasten Terrassen und anderen Windschutzbauten aus.

Fazit:

Glas als lichtdurchlässiger Baustoff bietet faszinierende Möglichkeiten, stellt aber für alle sich optisch orientierenden Tiere eine vielfach unterschätzte Gefahr dar. Glas als nicht wahrnehmbare Barriere verletzt und tötet Vögel.

Sowohl die vollflächige Fassadenverglasung als auch die grossflächigen transparenten Lärmschutzwände des weitläufigen Gebäudekomplexes Uptown München stellten eine tödliche Gefahr für Vögel dar. Sie wurde inzwischen mit Markierungen versehen.



2.2 Spiegelung

Ein Vogel kann eine Glasscheibe, die den Himmel oder Bäume und Sträucher ungebrochen spiegelt, nicht als Hindernis wahrnehmen.

Warum spiegelt Glas?

Ist es im Hintergrund einer Glasscheibe dunkler als davor, entstehen auf der glatten Oberfläche Spiegelungen. Dies trifft bei Fenstern und Fassaden sehr häufig zu. Ausser bei künstlicher Beleuchtung in der Nacht herrschen hinter Fenstern meist diffuse Lichtbedingungen mit viel geringerer Helligkeit als aussen. Da sich unsere Augen an die Helligkeit des Umgebungslichts adaptieren, haben wir in Innenräumen durchaus die Empfindung einer hellen Umgebung, auch wenn die Lichtstärke nur wenige Prozent des Tageslichts vor dem Fenster beträgt. Der sogenannte Tageslichtindex gibt das Verhältnis von Beleuchtungsstärken des Tageslichtes im Freien zu Beleuchtungsstärken im Rauminnen an. Er sollte an Arbeitsplätzen zwischen 1 % und 3 % betragen. Die Beleuchtungsstärken vergleichbarer Flächen machen somit im Gebäude häufig nur ein Hundertstel von jenen im Freiland aus.

Es herrschen also grosse Unterschiede zwischen der Belichtung von Objekten im Freien und in Innenräumen (Tab. 1) und somit bei der Reflexion des Lichts in

Tabelle 1: Typische Beleuchtungsstärken von Objekten im Innen- und Aussenraum in Lux (lx). (Quelle: Wikipedia, 1.6.2022)

Beleuchtungssituation	Typische Beleuchtungsstärke
Klarer Himmel Sommertag 60° Sonnenhöhe (mittags)	90 000 lx
Bedeckter Himmel Sommertag	60 000 lx
Bedeckter Himmel Wintertag	3 500 lx
TV-Studio	1 000 lx
Büro-Arbeitsplatz	500 lx
Innenraum bei Tageslicht	50 lx

Richtung Glasscheibe. Nur wenn helle Objekte im Innenraum stärker nach aussen reflektieren als im Freien stehende Objekte Licht auf die Scheiben lenken, verschwinden die Spiegelungen. Das ist in der Regel nur bei direkt vom Sonnenlicht beleuchteten Objekten im Nahbereich der Fenster der Fall.

[3] Gibson, J. J. (1958): Visually controlled locomotion and visual orientation in animals. Br. J. Psychol. 49: 182–194.



Glas mit seiner glatten Oberfläche spiegelt, wann immer der Hintergrund schwächer beleuchtet ist als der Vordergrund. Zusätzliche Beschichtungen der Fassadengläser können die Kontraste der Spiegelungen verstärken. Für Vögel vermitteln nicht nur gespiegelte Bäume, sondern auch gespiegelter Himmel freien Bewegungsraum.



Obwohl Innenjalousien und helle Vorhänge hinter den Scheiben Reflexionen reduzieren können, kommt es häufig zu Spiegelungen. Mit einem wirksamen Schutz vor Kollisionen ist nicht zu rechnen, zumal Jalousien nicht dauerhaft heruntergelassen sind.

Bei bedecktem Himmel mit diffusem Licht überwiegt die helle Reflexion des Himmels oder hellen Mauerwerks auf den Scheiben, während schwächer reflektierende Bäume und dergleichen sich als Schattenrisse abbilden. Aber auch bei schwachem Tageslicht bleibt der Innenraum im Dunkeln und Spiegelungen überwiegen oder es entstehen Mischbilder.

An Sonnentagen kommt es zu sehr realistischen und plastisch wirkenden kontrastreichen Spiegelungen.

Reflexionsarmes Glas bietet ohne Markierung keinen Vogelschutz

Mit der Tatsache dieser gravierenden Lichtunterschiede zwischen Innen und Aussen wird deutlich,

Aussenreflexionsgrad

Eine unbeschichtete Floatglasscheibe reflektiert 8 % des auffallenden Lichts, 4 % auf jeder der beiden Oberflächen. Bei Isoliergläsern steigt die Aussenreflexion, da sich die Werte der Scheiben addieren. Mit speziellen Beschichtungen lässt sich der Aussenreflexionsgrad reduzieren. Viele Beschichtungen erhöhen aber den Aussenreflexionsgrad. Sonnenschutzfolien reflektieren häufig 25 %, mitunter bis zu 60 % des auftreffenden Lichts. Ein herkömmlicher Silberspiegel reflektiert zwischen 80 % und 90 % des sichtbaren Lichts, UV wird mit geringerer Intensität reflektiert. Im Wahlversuch steigt das Kollisionsrisiko mit der Reflexion, ein Silberspiegel wird dreimal so häufig angefliegen wie eine unmarkierte Floatglasscheibe.



In der Kunst der Landschaftsgestaltung werden Spiegel nicht selten für spezielle Effekte verwendet, ohne dass den Kuntschaffenden die davon ausgehende Gefahr für Vögel und andere Organismen wie Insekten bewusst ist. Die in Metall ausgeführte temporäre Installation «Mirage» von Doug Aitken in Gstaad wurde von Beginn weg mit einem Vogelschutzmuster aus schwarzen Streifen versehen.

dass selbst mit extrem stark entspiegeltem Glas mit nur 2 % Aussenreflexion bei Sonnenlicht noch realistische Spiegelungen entstehen können. Die Verwendung von reflexionsarmem Glas stellt also für sich allein und ohne zusätzliche Markierung keinen Vogelschutz dar (Kap. 4).

Als begleitende Massnahme ist ein geringer Aussenreflexionsgrad dennoch sinnvoll, denn mit steigendem Reflexionsgrad steigt auch das Kollisionsrisiko. In Experimenten (Kap. 3.2.2) hat sich gezeigt, dass ein Silberspiegel (>80 % Reflexion) wegen der kontrastreicheren Spiegelungen dreimal so häufig angeflogen wird wie eine unbeschichtete Einfachverglasung aus

Floatglas. Bei Isolierglas entstehen durch überlagerte Spiegelungen oft unscharfe oder leicht verfremdete Spiegelbilder. In Experimenten konnte bisher jedoch nicht nachgewiesen werden, dass verzerrte oder unscharfe Spiegelungen von Isoliergläsern die Zahl der Anflüge senken.

Fazit:

Auf den glatten Oberflächen von Fenstern und Fassaden werden bei fast allen Tageslichtverhältnissen Spiegelungen sichtbar, da aus Innenräumen weniger als ein Prozent des aussen herrschenden Lichts zurückgeworfen wird.

2.3 Vogelaktivität, Bauwerkumgebung und Architektur

Einflussgrössen des Kollisionsrisikos

Die von den Lichtverhältnissen abhängigen Glaseigenschaften Durchsicht und Spiegelung sind massgeblich verantwortlich dafür, dass Vögel sowohl bei Tageslicht als auch in der Nacht an Glasscheiben anprallen. In den folgenden Abschnitten werden Einflussgrössen besprochen, die nichts mit den Eigenschaften von Glas zu tun haben, die aber das Ausmass des Kollisionsrisikos wesentlich mitbestimmen: Flugaktivität und Attraktivität der Umgebung eines Gebäudes als biologische sowie Dimensionierung und Anordnung von Glasfassaden als architektonische Komponenten.

2.3.1 Aktivität

Anzahl und Mobilität von Vögeln werden oft unterschätzt

Die uns vertrautesten Vögel wie Finken, Meisen, Spatzen oder Spechte machen sich durch ihr Hin und Her von Busch zu Busch und von Baum zu Baum, oft von Rufen oder Gesang begleitet, bemerkbar. Viele andere Arten bleiben eher unbemerkt und sind uns weit weniger vertraut, weil sie wie Rohrsänger, Grasmücken oder Laubsänger an das Leben in dichter Vegetation angepasst sind. Sie verlassen die Deckung bietende Vegetation nur selten. Sowohl die Zahl der anwesenden Vögel als auch deren Mobilität werden leicht unterschätzt und Kollisionen mit einer Glasscheibe daher als gänzlich unerwartete und überraschende Einzelfälle erlebt. Doch Vögel gehören zu den mobilsten Organismen der Erde und Su-

che nach Nahrung und Störung durch Feinde versetzen sie laufend in Bewegung. Viele Arten wechseln mit den Jahreszeiten die Kontinente. Ziehende Vögel legen in Süd- und Mitteleuropa Zwischenstopps ein, oft über mehrere Tage oder Wochen. Insbesondere im Frühjahr und Herbst sind deshalb mehr Vögel präsent, was sich über vermehrte Funde von Glas-kollisionsopfern abbildet^[4].

Die Aktivität der Vögel hängt von zahlreichen Faktoren ab

Vieles beeinflusst die Flugaktivität rund um ein einzelnes Gebäude: Verhaltenseigenschaften der gerade anwesenden Vogelarten, Tages- und Jahreszeit, Wetter, Lebensraumqualität und aktuelles Futterangebot, Entfernung zwischen Nahrungsplätzen, Ansitzwarten, Ruhe- und Schlafplätzen sowie Häufigkeit von Störungen durch Feinde. Aber auch in vermeintlich unwirtlichen, sehr vegetationsarmen Gebieten im Innern von Grossstädten kommt es zu – mancherorts gehäuften – Todesfällen. Die Liste der Kollisionsopfer umfasst dabei Arten, die man in Siedlungsräumen nicht erwarten würde, wie Bewohner von Feuchtgebieten oder nordischer Wälder, welche ausschliesslich auf dem Vogelzug in urbane Lebensräume geraten.

Die Abschätzung des Gefährdungspotenzials eines geplanten Bauwerks erfordert besondere Expertise

Die hohe Variabilität der Aktivität macht diesen Faktor schwer greifbar. Vorhersagen über gehäufte Aktivität sind mit spezifischer ornithologischer Erfahrung möglich, eine plausible Vorhersage über unbedenk-

^[4] Steiof, K., R. Altenkamp & K. Baganz (2017): Vogelschlag an Glasflächen: Schlagopfermonitoring im Land Berlin und Empfehlungen für künftige Erfassungen. Berichte zum Vogelschutz 53/54: 69–95.

liche, geringe Aktivitätsdichten ist aber nur in wenigen Fällen und nur mit komplexer Beweisführung akzeptabel. Generell bedeutet das Vorhandensein von Glasflächen bereits bei durchschnittlicher Vogelaktivität eine überdurchschnittliche Gefährdung der Tiergruppe, deren hohe glasbedingte Mortalität sich nicht nur aus punktuell hochriskanten Standorten und Glasflächen, sondern vor allem auch aufgrund der weiten Verbreitung von Glasscheiben erklärt.

Fazit:

Für das Risiko, mit einer Glasscheibe zu kollidieren, ist die Häufigkeit von Flugbewegungen ein entscheidender Faktor. Diese ist, abhängig von Standortfaktoren und Jahreszeit, äusserst variabel und nur beschränkt vorhersagbar. Auch durchschnittliche Aktivität bedeutet überdurchschnittliche Gefährdung der Vögel.

2.3.2 Umgebung

Städtisches Grün lockt Vögel an

Die Hälfte der Weltbevölkerung lebt in städtischen Agglomerationen. Doch wer es sich leisten kann, siedelt im Grünen und sucht sich Wohnhäuser mit Gärten in naturnahem Umfeld. Mit zunehmendem Klimawandel und einer nicht zuletzt von Bauformen mitbeeinflussten Erhitzung des Klimas der Städte gewinnt auch der urbane Grünanteil immer mehr an Bedeutung. Parkplätze machen in Mitteleuropa wieder zu-

nehmend Strassenbäumen Platz, die Schatten spenden, Staub aus der Luft filtern und das Strassenbild gliedern. Wohnungsnaher Grünraum schafft Kontakt zur Natur und zu den Vögeln, ihren auffälligsten Vertretern.

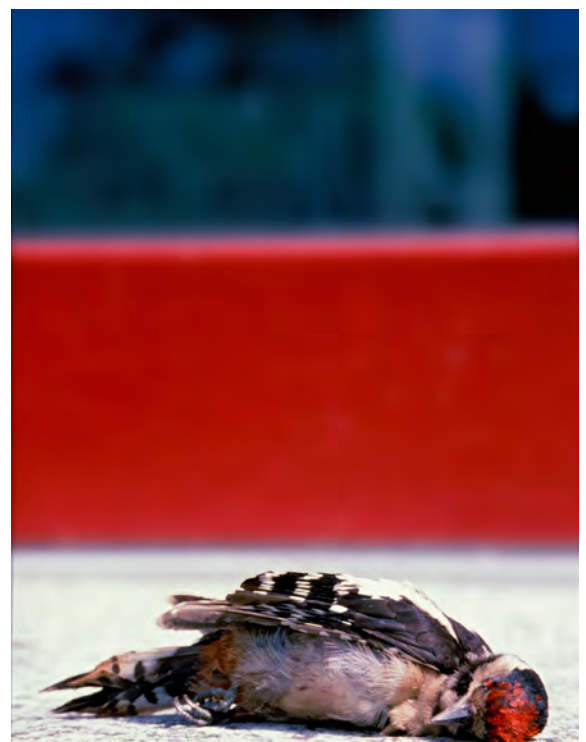
In der Nähe von Bäumen ist Glas besonders fatal

Obwohl der Kontakt mit Vögeln positiv bewertet wird und Siedlungsräume aufwertet, wird in begrüneten, naturnahen Lebensräumen mit Glas oftmals unbedacht umgegangen – nicht nur mit Fenster- und Fassadenflächen, sondern auch mit gläsernen Einfriedungen, Wartebereichen für den öffentlichen Verkehr, Landschaftsgestalterischen Elementen und vielem mehr.

Auch in vegetationsarmen Innenstädten kommt es zu Kollisionen selbst seltener Vogelarten. Generell geht die Wahrscheinlichkeit einer Kollision eines Vogels mit einer Glasfläche aber mit der Reichhaltigkeit und der Höhe der Vegetation in der Umgebung einher. Studien haben gezeigt, dass die Vegetation der unmittelbaren Umgebung von Bauwerken die grösste Rolle spielt. Bei Anwesenheit von Bäumen mit einer Höhe von mehr als zwei Gebäudestockwerken besteht ein 3,6-fach höheres Kollisionsrisiko als bei Gebäuden in einem baumlosen Umfeld^[5,6]. Nachgewiesen sind direkte risikosteigernde Effekte bei Glasfassaden bis in 100 m Sichtweite von Gehölzbeständen^[7]. In einer nachhaltigen Stadtplanung werden zunehmend Massnahmen zur Erhaltung, zum Schutz und zur Förderung der Artenvielfalt und zur Verbesserung des Stadtkli-



Sperlinge sind für uns der Inbegriff der Munterkeit. Je mehr Vögel sich im Umfeld eines Gebäudes aufhalten und bewegen, desto häufiger werden durchsichtige oder spiegelnde Glasflächen zum Verhängnis.



Buntspechte gelten als typische Waldbewohner. Viele legen aber täglich beträchtliche Strecken im Siedlungsraum zurück und sind häufige Kollisionsopfer an Glasflächen.

mas berücksichtigt. Unter dem Schlagwort «Animal-Aided Design» (AAD)^[5] werden bewusst Strukturen geschaffen, die Tieren als Nahrungsraum, Nistplatz oder Versteckmöglichkeit dienen. Ohne gleichzeitige Massnahmen gegen Vogelanprall ist die Förderung der Artenvielfalt für Vögel jedoch kontraproduktiv, da sie nur zusätzliche Vögel in eine ökologische Falle lockt.

Flüsse bilden Leitlinien durch Grossstädte

Nicht nur in der unmittelbaren Umgebung von Parks, Baumgruppen und Gartenanlagen ist mit Glas sehr sorgfältig umzugehen. Angrenzend an Siedlungsgebiete gibt es häufig spezifische Biotope, vor allem Feuchtgebiete und Wasserflächen.

Ornithologische Hotspots, die ohnehin oft als Naturschutzgebiete oder europäische Schutzgebiete ausgewiesen sind, strahlen in die weitere Umgebung aus bzw. bedingen «Flugverbindungen» zwischen diesen Orten, die auch Kleinvögel mit geringen Flughöhen betreffen. Dies zu übersehen, kann zu einer Unterschätzung der Risiken führen. Flüsse etwa bilden Leitlinien selbst quer durch Grossstädte. Sie stellen zudem durch ihr Insektenangebot bei Schlechtwettereinbrüchen während des Vogelzuges oft letzte Refugien mit verfügbarer Nahrung dar. Dadurch sind sie nicht nur für wassergebundene Vogelarten interessant, sondern es sammeln sich hier auch Singvögel, die sonst in umliegenden Gebieten nach Nahrung suchen. Somit ist «Umgebung» komplex und nicht nur auf den Nahbereich bezogen zu berücksichtigen.

Panoramafenster töten, was sie zeigen wollen

Die naturräumliche Ausstattung und Belebtheit der Umgebung hat häufig direkten Einfluss auf die Gebäudegestaltung, wenn das Abbild der Natur möglichst «hautnah» erlebbar sein soll. Besonders problematisch sind daher architektonische Konzepte, welche fließende Übergänge zwischen sicherem, sauberem, klimatisiertem Wohnraum und wilder Natur konstruieren, Konzepte, nach denen Wohnhäuser, Wellness- und Hotelanlagen mit extrem hohem Anteil von Glasfläche in Idealnaturen vordringen. Sie wollen die optische Grenze zur Wildnis aufheben, ziehen sie physisch aber umso härter. Glas wird zum Synonym für Naturnähe hochstilisiert, wird stattdessen aber zur Gefährdung der ersehnten Natur.



Fassadenbegrünung am Musée du Quai Branly in Paris. Solche Massnahmen zur Förderung der Artenvielfalt und zur Verbesserung des Stadtklimas müssen Hand in Hand mit Massnahmen gegen Vogelanprall gehen.

Deutlich wird dies auch bei touristischen Bauten im Bergland und Hochgebirge und an Aussichtspunkten, wo für den Panoramablick viel Glas verwendet wird. Sogar Seilbahn- und Liftstationen, die in Skigebieten oft nur in einem begrenzten Zeitraum des Jahres in Betrieb sind, werden häufig mit gläserner Aussenhülle ausgeführt und stehen ausserhalb der Tourismussaison als nutzlose, jedoch für die Vogelwelt gefährliche Strukturen in der Landschaft. Vögel der Bergwälder, aber auch solche der alpinen Lebensräume oberhalb der Waldgrenze sind sehr mobil, haben oft mit schlechten Sichtbedingungen zu kämpfen und werden dementsprechend häufig Opfer von Glasbauwerken. Von Wintergoldhähnchen und Tannenmeisen bis zu Birkhühnern reicht die Liste der Anprallopfer, die auch über die Alpen ziehende Vögel einschliesst.

Fazit:

Glas wird in Bauwerken häufig mit Naturnähe assoziiert. Doch je naturnäher das Umfeld, desto problematischer werden Verglasungen. Exklusive Wohnformen und touristische Einrichtungen mit Panoramascheiben-Architektur können in entsprechender Umgebung besondere Risiken für Vögel erzeugen. Für die Abschätzung von Kollisionsrisiken müssen Fernwirkungen und Aktivitätsschwankungen über das Jahr hinweg einbezogen werden.

[5] Klem, D., C. J. Farmer, N. Delacretaz, Y. Gelb & P. Saenger (2009): Architectural and landscape risk factors associated with bird-glass collisions in an urban environment. *Wilson J. Ornithol.* 121: 126–134.

[6] Kummer, J. A., E. M. Bayne & C. S. Machtans (2016): Comparing the results of recall surveys and standardized searches in understanding bird-window collisions at residential houses. *Avian Conserv. Ecol.* 11: 4.

[7] Loss, S. R., S. Lao, J. W. Eckles, A. W. Anderson, R. B. Blair & R. J. Turner (2019): Factors influencing bird-building collisions in the downtown area of a major North American city. *PLoS ONE* 14: e0224164.

[8] Hauck, T. & W. Weisser (Hrsg.) (2019): *Animal-Aided Design im Wohnumfeld. Einbeziehung der Bedürfnisse von Tierarten in die Planung und Gestaltung städtischer Freiräume.* Kassel und München.

2.3.3 Architektur

Integration von Vogelschutz in die Bauwerksgestaltung

Diente Glas ursprünglich vor allem der Versorgung von Innenräumen mit Licht, wird es heute als architektonisches Gestaltungsmittel in fast allen Gebäudebereichen verwendet. Die Architektur eines Gebäudes beeinflusst die Gefährdung von Vögeln einerseits durch die schiere Summe der Glasfläche in der Aussenhülle, andererseits durch Möglichkeiten der räumlichen Anordnung und durch Strukturierung der Gebäude und Glasflächen.

Besondere Gefahrenquellen

Prinzipiell steigt mit zunehmender Glasfläche das Kollisionsrisiko. Bei hoher Vogelaktivität und attraktiver Umgebung können aber auch schon verhältnismässig



Vogelaktivität ist nicht nur an die unmittelbare Umgebung eines Gebäudes geknüpft. Es bedarf eines Blickes auf ein Umfeld von mehreren hundert Metern, um Kollisionsrisiken beurteilen zu können. Im Zentrum Berlins wurden z.B. am Paul-Löbe-Haus, dem Hauptbahnhof, der Neuen Nationalgalerie oder am Potsdamer Platz zahlreiche Kollisionen dokumentiert. Die Nähe zu Spree und Tiergarten belebt weite Bereiche der Stadt (Avdalavda-foto.de).



Architektonische Konzepte, die fließende Übergänge zwischen drinnen und draussen konstruieren und ein Leben wie in der freien Natur versprechen, erzeugen tödliche Barrieren für alles, was fliegt.

kleine Glasflächen an Gebäuden ein signifikant erhöhtes Tötungsrisiko darstellen. Von vornherein besonders gross ist dieses Risiko aber an transparenten Gebäudeelementen wie Lärm- oder Windschutzwänden, Glasbrüstungen, Verbindungsgängen und verglasten Brücken sowie Eckverglasungen.

Besonders in einer urbanen Umgebung beeinflusst die Anordnung einzelner Baukörper ab einer gewissen Höhe die Flugwege der Vögel. Werden Vögel durch parallel verlaufende oder aufeinander zulaufende Gebäudestrukturen in eine Sackgasse oder ein Engrnis geleitet, erhöht sich dort das Kollisionsrisiko, sobald spiegelnde oder transparente Flächen einen Ausweg suggerieren. Dies ist auch bei komplett umschlossenen Innenhöfen der Fall. Bei räumlich engen Innenhöfen verstärkt sich dies, weil der Start im steilen Winkel für Vögel schwierig ist. Desorientierung und Panik können hier verstärkt zu Kollisionen selbst mit kleineren Glasflächen führen.

Gebäudehöhe und Kollisionsrisiko

Der überwiegende Teil aller Kollisionen bei Tageslicht ereignet sich an Geschossen bis knapp über der Baumkronenhöhe (ca. sechs Stockwerke), da in diesen Bereichen die Vogelaktivität am grössten ist. Es spricht einiges dafür, dass die Kollisionsrisiken mit zunehmender Gebäudehöhe deutlich abnehmen. Doch dies ist bislang nicht abschliessend geklärt, da eine systematische Untersuchung dieser Gebäudebereiche schwierig ist. Bei Tag nutzen nur wenige Vogelarten grosse Höhen zur Jagd oder um grössere Distanzen zurückzulegen. Trotzdem wurden auch in solchen Fassadenbereichen Vogelkollisionen nachgewiesen, nicht zuletzt an zugänglichen Dachterrassen in grosser Höhe.

Künstliches Licht zieht Vögel an

Zu den mit der Architektur in Zusammenhang stehenden Gefährdungen gehören aber auch Innenbeleuchtung, die durch Glas nach aussen dringt, und



Die imposante Glasfassade des Europäischen Parlaments in Strassburg erstreckt sich auf 13 000 Quadratmetern an den Ufern der Ill und des Rhein-Marne-Kanals und soll die demokratische Transparenz der Europäischen Union symbolisieren.



Lange Fensterbänder und spiegelnde Glasflächen werden von Vögeln als grosszügige Durchflugsmöglichkeit durch die Gebäudestruktur wahrgenommen. Die einzelnen Unterteilungen der Glasflächen haben dabei keinen kollisionsmindernden Einfluss.



In begrünten Innenhöfen oder mehrseitig umschlossenen Gebäudebereichen erhöht sich das Kollisionsrisiko an Glasflächen. Vegetation zieht Vögel beim Flug über das Häusermeer an. Der Wegflug im steilen Winkel kann hingegen schwierig werden.

nächtliche Anstrahlung. Nachtleuchtende architektonische Statements, aber auch simple nächtliche Gang- oder Bürobeleuchtung schaffen Gefahrensituationen, besonders zu Zugzeiten. In Berlin wurden nächtliche Anflugopfer in Bodennähe vor der Morgendämmerung registriert. Sie hatten Leuchtpunkte, wie etwa Monitore für Werbezwecke, angefliegen, die deutlich heller als die jeweilige Umgebung waren. Die Gefahr von Vogelkollisionen an Glas nimmt auch bei Beleuchtung der Fassade zu. Obwohl sich der nächtliche Vogelzug eher in grosser Höhe abspielt, werden für bestimmte Vogelarten, insbesondere bei Gegenwind, Niederschlag oder Nebel, nicht nur Türme und Hochhäuser zu einem Problem. Dies kann manchmal sogar zu Massenkollisionseignissen führen, die sich in der lokalen Presse wiederfinden (Kap. 5).

Fazit:

Vogelschutz sollte so selbstverständlich sein wie Brandschutz, Fallschutz, Lärmschutz, Kälte- und Wärmeschutz etc. Wir sehen hier die Architektur in der Pflicht, ihren Beitrag zur Erhaltung der Biodiversität zu leisten. Nebst ressourcenschonenden Baustoffen, einem nachhaltigen Energiekonzept und einer naturnahen Umgebungsgestaltung gehört auch eine vogelfreundliche Gestaltung der Bauten dazu.



Meterhohe gläserne Attika auf einem Hochhaus: Vögel kollidieren hier nicht nur von aussen, sondern prallen auch von innen an die Scheiben, wenn sie in den umschlossenen Bereich geraten.

2.4 «So nicht» – Beispiele für gefährliche Glasbauten

Wer die Problematik der Kollisionen mit Glas kennt, nimmt vielerorts Vögel gefährdende Situationen wahr. Transparente Gänge, die Gebäude verbinden, oder Wind- und Lärmschutzwände gehören typischerweise dazu, ebenso Glasfronten, in denen sich Sträucher und Bäume spiegeln. Man muss nirgends lange suchen, um Bauwerke mit solchen Problemstellen zu finden.



Gläserner Windschutz an Brücken und verglaste Verbindungsgänge gehören zu den augenfälligsten Vogelfallen. Vielerorts sieht man aufgeklebte Greifvogelsilhouetten. Diese sind zwar unwirksam, bestätigen aber, dass es hier zu Anflügen kommt.



Die von Glaswänden und verglasten Gängen ausgehende Gefahr wird verschärft, wenn Gebäude auf beiden Seiten die Vögel unausweichlich zum verglasten Hindernis lenken.



In grüner Umgebung sind Glaskonstruktionen wie dieser Bahnhofszugang besonders gefährlich für Vögel.



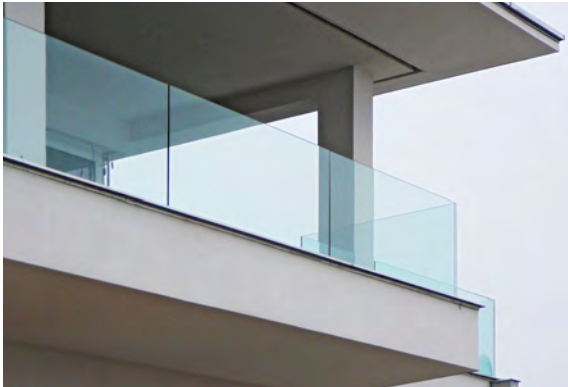
Fahrgastunterstände werden vielfach in Glas ausgeführt, ohne an Sicherungsmassnahmen für Vögel zu denken.



Auch auf vorgehängten Fassaden können realistische Spiegelungen entstehen.



Obwohl das Gebäude mehrere Meter auskragt, sind an den Fenstern deutliche Spiegelungen zu erkennen. Schattenwurf eliminiert die Spiegelungen nicht.



Vögel überfliegen oft in knappem Abstand die Gebäudekante, ohne die gläserne Brüstung wahrzunehmen.



Transparente Lärmschutzwände schützen begrünte Innenhöfe und Gärten und ermöglichen ein Landschaftserlebnis entlang von Autobahnen. Sie unterbrechen jedoch die Flugbahn und fordern damit zahlreiche Opfer unter den hier lebenden Vögeln.



Im Wintergarten wird vielen Menschen erstmals bewusst, dass Vögel Glas nicht als Hindernis erkennen können. Die besondere Gefahr ergibt sich aus der hohen Transparenz und einem vogelreichen Umfeld.



An Gewässerufeln sind gerade auch in der Dämmerung zahlreiche Vögel unterwegs. Für schnell fliegende Wasservögel ist Glas hier besonders problematisch.



Die Kollisionsspuren zeigen deutlich, dass getöntes Glas keinen Anprallschutz bietet.



Gläserne und spiegelnde Kunstwerke gehören nicht nach draussen oder sind konsequent mit Schutzvorrichtungen zu versehen.

3 Vogelfreundliche Massnahmen

3.1 Bautechnische Lösungen für vogelfreundliche Bauwerke

Transluzentes Glas und alternative Materialien

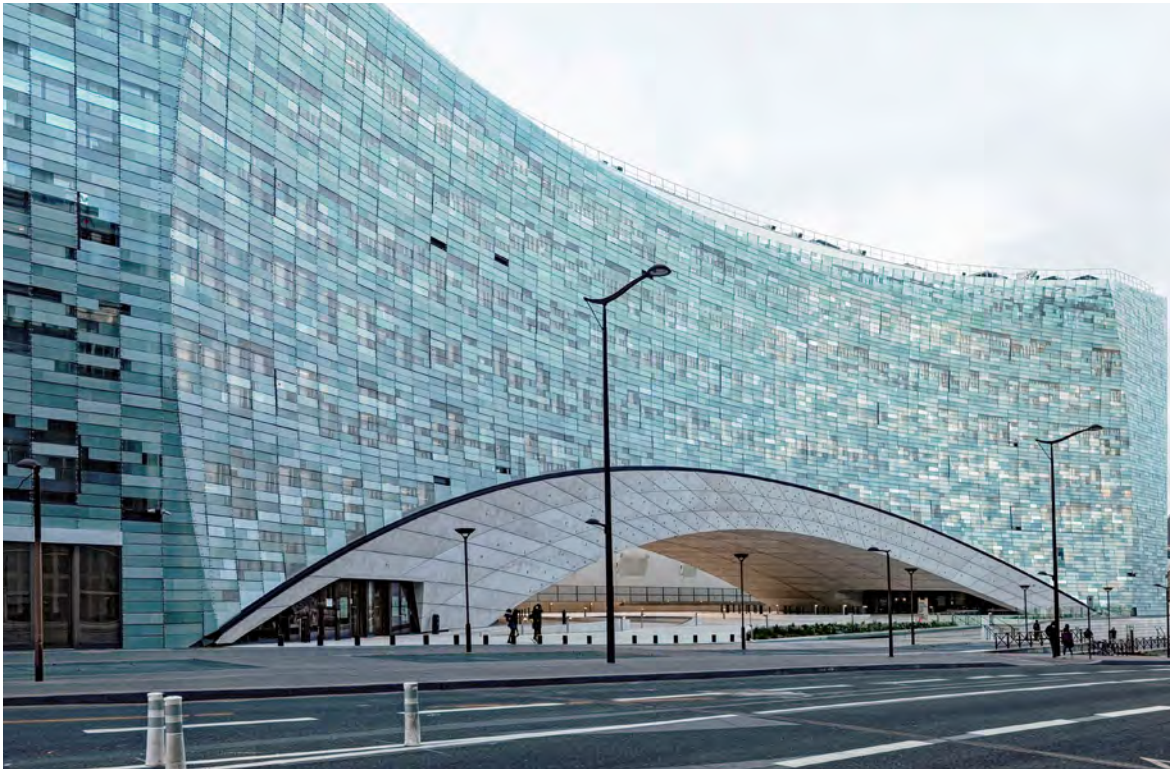
Mattes und strukturiertes Glas sowie entsprechende Polycarbonatprodukte erzeugen keine realistischen Spiegelungen auf den Oberflächen. Diese Materialien sorgen für angenehmes Streulicht ohne harte Schlagschatten und sind eine vogelfreundliche Lösung für alle Gebäudebereiche, die der Lichtversorgung, aber nicht dem Ausblick dienen.



Eine Fassade aus strukturiertem und mattem Glas sorgt für ausreichend Tageslicht im Gebäude, während kleinere Klarglasfenster sparsam und gezielt nur dort zum Einsatz kommen, wo ein Ausblick gebraucht wird. Am Théâtre le Manège in Mons (Belgien) arbeitete das Atelier d'Architecture Pierre Hebbelinck mit diesem spannenden Mix aus verschiedenen Glasstrukturen.



Am Schlesischen Museum in Katowice versorgen Quader mit einer Fassade aus geätztem Glas die unterirdischen Museumsräume mit Tageslicht. Die abstrakten Glaskuben des Architekturbüros Riegler Riewe fügen sich harmonisch in das Ensemble aus historischen Bestandsgebäuden ein.



Die Fassade des Le Monde Headquarters von Snøhetta in Paris, besteht aus mehr als 20 000 Glaselementen. Sie variieren in Struktur und Transparenz und sind so angeordnet, dass sie das Licht in den Büros und den Blick nach aussen an den richtigen Positionen maximieren.



Die Gebäudehülle der Ballspielhalle Ingolstadt von Fink+Jocher besteht aus einer Profilbauglaskonstruktion, die zwischen ihren beiden Glasprofilschalen mit transluzenter Wärmedämmung gefüllt ist. Diese sorgt für ausreichend Lichteinfall ohne störende Schlagschatten auf dem Spielfeld.

Vorgebaute Strukturen und feststehende Sonnenschutzvorrichtungen

Vorgebaute Strukturen vor grossen Fenstern und verglasten Fassaden können sowohl als dekoratives Element als auch dem Sonnenschutz dienen. Wenn die Parameter für geprüfte Markierungen (Kap. 3.2.4) eingehalten werden, sorgen solche Fassadenelemente zusätzlich für einen guten Schutz vor Vogelkollisionen.



Die Città del Sole («Sonnenstadt») in Rom des Architekturbüros Labics ist eine Mehrzweckanlage mit öffentlichen und privaten Funktionen. Sowohl die Fassadengestaltung aus Aluminiumprofilen als auch die transluzenten gläsernen Lamellen an den unterschiedlichen Gebäuden sorgen gleichermassen für Sonnen- wie auch für Vogelschutz.



Der ovale Glaspavillon der Stadtbibliothek Dornbirn von Dietrich | Untertrifaller ist eingehüllt in eine Struktur aus 8000 vorgefertigten Keramikelementen. Vertikal und schräg angeordnet, erinnern die Sonnenschutz-Ornamente an Bücherregale und sorgen für einen angenehmen Lichteinfall in den Räumlichkeiten.



Im Westblock des Centre d'Idiomes de la Universitat de València des Architekturbüros Arkitera SLP bestimmt die Kombination von feststehenden und beweglichen Sonnenschutz-Lamellen die Fassadenstruktur.



Im Zuge einer Umnutzung haben gruber locher architekten bei der Sanierung des denkmalgeschützten Hauses Grossenbündt in Hittisau die Erschliessungsflächen hinter einer semitransparenten Raumschicht zusammengefasst. Die Struktur der traditionellen Holzfassade wird aus Sonnenschutzgründen über die langen Fensterbänder im Obergeschoss weitergeführt, während die klassischen Kastenfenster des Wohntraktes erhalten blieben. Vögel können diese Materialien und Strukturen gut erkennen.



Der Glaskubus des Jüdischen Zentrums von Wandel Hoefer Lorch + Hirsch in München ist umgeben von einer stählernen Stützkonstruktion und einem Bronzegewebe. Ein Dreiecksmuster aus Davidsternen sorgt durch das Spiel von Licht und Schatten im Gebetsraum für eine besondere Atmosphäre.



Die einzelnen Baueinheiten der Technischen Universität Graz vom Architekturbüro Riegler Riewe sind durch mehrgeschossige Brücken miteinander verbunden. Die Fassadenelemente aus Stahlgitter gewähren Durchsicht und Lichteinfall und sind für Vögel trotzdem gut als Hindernis erkennbar.

3.2 Markierung von Glasflächen

Markierungen von Gefahrenstellen sind häufige Begleiter unserer eigenen täglichen Wege: Befestigungsstangen von Verkehrsschildern, Absatz- und Treppenkanten, Baugruben etc. werden für Menschen mit Markierungen versehen, zum Beispiel durch schwarz-gelbe Balken oder rot-weiße Schraffuren. Damit wir in der Eile nicht in Barrieren aus Glas laufen, werden auch diese auf Augenhöhe etwa mit Blockstreifenmustern markiert. Nach denselben Prinzipien lässt sich auch für Vögel das Kollisionsrisiko an Glas herabsetzen. Um effektive Markierungen zu entwickeln, die vom menschlichen Auge als wenig bis nicht störend empfunden werden, sind Erkenntnisse aus der Forschung über Wahrnehmung und Verhalten von Vögeln eine wichtige Grundlage.

3.2.1 Wie erkennen Vögel Hindernisse?

Visuelle Fähigkeiten der Vögel

Um herauszufinden, wie Glas wirksam markiert werden kann, ist es wichtig zu wissen, wie Vögel ihre Umwelt wahrnehmen, wie sie Hindernisse erkennen und wie sie diese vermeiden. Die Frage ist: Wie klein und diskret dürfen Signale sein, die ein Vogel noch erkennen kann – insbesondere dann, wenn er sich schnell vorwärtsbewegt und sich nicht in Ruhe und bei bestem Licht ein «Bild von der Umgebung» machen kann. Vögel sind mehr als andere Wirbeltiere auf besondere visuelle Fähigkeiten angewiesen, weshalb ein im Vergleich zu anderen Lebewesen grösserer Bereich ihres Gehirns für die Verarbeitung visueller Reize zuständig ist. Sie können sehr feine Strukturen erkennen und Farben präzise unterscheiden^[9]. Aber gilt das auch für den schnellen Flug, prekäre Lichtverhältnisse und das Erkennen von Glasmarkierungen?

Die Vogelperspektive

Die sprichwörtliche Vogelperspektive wird nur von einer Minderheit von Vögeln, die sich im freien Luftraum oft ohne Flügelschläge kreisend und segelnd

bewegen, regelmässig eingenommen. Buchfinken, Meisen, Sperlinge, Amseln, Mönchsgrasmücken, die in Mitteleuropa häufigsten Vogelarten, bleiben meist «am Boden» und halten sich in der Deckung der Vegetation auf. Sie sind einen Grossteil ihrer Zeit auf der Suche nach Nahrung und müssen stets darauf achten, nicht selbst zur Beute ihrer Feinde zu werden. Was erstaunen mag: obwohl Fliegen die für uns markanteste Eigenschaft der Vögel ist, ist die Evolution ihres Sehvermögens gar nicht so sehr auf eine hochauflösende Sicht auf die Flugstrecke, sondern auf die Erkennung von Nahrung und Feinden ausgerichtet^[10].

Orientierung im Flug

Fliegen erfordert in der natürlichen Umwelt, in der solide Objekte wie Stämme, Astwerk und geologische Hindernisse gross dimensioniert sind, keine besonders hohe Auflösung feiner Strukturen. Die seitliche Anordnung der Augen bei den meisten Vögeln verschafft ein insgesamt sehr grosses Blickfeld. Hingegen beschränkt sich das räumliche, stereoskopische Sehen auf schmale Zonen vor dem Schnabel, was schon darauf hinweist, dass es wesentlichere Notwendigkeiten für das Überleben der Vögel gibt, als in die detailreiche Erfassung der Flugstrecke zu investieren. So sind auch bei den meisten Vögeln die Regionen höchster optischer Auflösung (Fovea) auf der Netzhaut seitlich orientiert.

Das «Adlerauge»

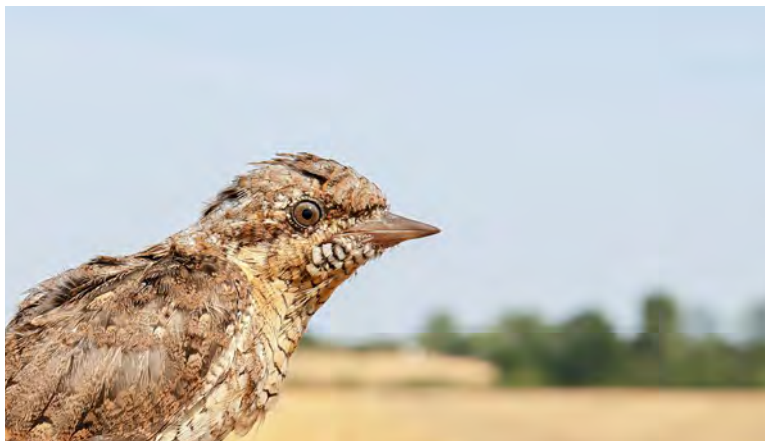
Aber auch insgesamt ist nicht die ganze Vogelwelt mit «Adleraugen» ausgestattet: Es gibt nur wenige (Greif-)Vögel, die «schärfer sehen» und feine Details in grösserer Entfernung besser unterscheiden können als der Mensch. Das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges ist etwa doppelt so hoch wie das eines Turmfalken, vier Mal höher als das einer Taube und 14-mal so hoch wie das eines Haussperlings^[10]. Mit abnehmender Helligkeit lässt die Auflösung stark nach, in der Morgendämmerung ist sie wesentlich geringer als bei hochstehender Sonne^[11,12].

^[9] Hodos, W. (1993): The visual capabilities of birds. In: Zeigler, H.P. & H.-J. Bischof (Eds.): Vision, Brain, and Behavior in Birds. MIT Press Cambridge (MA).

^[10] Martin, G. (2017): The sensory ecology of birds. Oxford Avian Biology Series. Oxford.

^[11] Lind, O., T. Sunesson, M. Mitkus, & A. Kelber (2012): Luminance-dependence of spatial vision in budgerigars (*Melopsittacus undulatus*) and Bourke's parrots (*Neopsephotus bourkii*). J. Comp. Physiol. A 198: 69–77.

^[12] Mitkus, M., S. Potier, G. R. Martin, O. Duriez, & A. Kelber (2018): Raptor vision. In: Oxford research encyclopedia of neuroscience.



Vögel haben im Verhältnis zu ihrer Kopfgrösse sehr grosse Augen, deren Blickachsen seitlich ausgerichtet sind. Ein möglichst vollständiger Rundumblick ist für das Entdecken von Feinden und das Auffinden von Nahrung wichtiger als ein «scharfer Blick» nach vorne.

Fazit:

Vogelaugen haben im Vergleich zum Menschen generell eine geringere optische Auflösung. Bei den meisten Vögeln ist die Sicht zur Seite entscheidender als die Sicht nach vorne. Daher sind feine Strukturen oder dicht beisammen liegende kleine Punkte als Markierung von Glas ungeeignet. Markierungen müssen eine gewisse Mindestgrösse aufweisen, damit Vögel sie auf Distanz wahrnehmen und rechtzeitig reagieren können.

Hinderniswahrnehmung

Vögel müssen über Fähigkeiten verfügen, Hindernisse schnell wahrzunehmen, um rasch ausweichen zu können. Kollisionen mit frontal im Weg stehenden Glasscheiben können nicht durch geringe Richtungsänderung, sondern nur durch vollständiges Abdrehen vermieden werden, was den zeitlichen Spielraum einschränkt. Singvögel bewegen sich oftmals mit einer Fluggeschwindigkeit von fünf Metern pro Sekunde über offene Flächen. Spezialisierte Neuronen müssen eine halbe Sekunde vor einem Aufprall feuern, um eine ausreichende (unbewusste) Reaktion des Kleinhirns und eine Ausweichbewegung auszulösen. Diese schnelle Reaktion ist für einen Vogel grundverschieden vom Absuchen einer Hecke nach Beeren oder der Wahl eines prächtig gefärbten Partners. Ein «optomotorisches System» übernimmt die speziellen Anforderungen des Sehens in Bewegung, das Ansteuern eines Landeplatzes, das Schnappen nach Beute und das Einschätzen der Bewegung ei-

nes Feindes^[13]. Nach aktuellem Kenntnisstand ist dieses System farb- und UV-blind^[14].

Ohne Farbe geht nichts verloren

Für die Wahrnehmung des Lebensraumes und der Flughindernisse geht wenig essentielle Information verloren, wenn die Farbe fehlt. Die Verteilung von Hell und Dunkel, von Licht und Schatten sowie die Kontrastlinien liefern die wesentliche Information, denn so vereinfachte Bilder können schnell verarbeitet werden. Wo Farben wichtig sind, wie etwa bei der Partnerwahl, ist Sehen ein weitaus komplexerer Vorgang. Dabei ist auch die UV-Wahrnehmung, über die viele Singvogelarten verfügen, von Bedeutung.

Der Hinweis auf die «Farblindheit» des Bewegungssehens bedeutet nicht, dass Markierungen nur in Schwarz oder Weiss gehalten sein dürfen. Denn auch die Sensoren und Neuronen, die Annäherungen erfassen und berechnen, haben spezifische spektrale Sensitivität, das heisst sie reagieren auf bestimmte Wellenlängen des Lichts stärker als auf andere und sehen daher bestimmte «Farben» intensiver und andere schwächer. Mit der entsprechenden spektralen Zusammensetzung einer Markierung kann der Kontrast und somit die Wirkung verbessert werden. Dies ist eine der aktuellen Forschungsaufgaben bei der Entwicklung von Glasmarkierungen.

Fazit:

Die Wahrnehmung von Bewegungen, das Sehen in Bewegung und das «Werkzeug» für schnelle Ausweichreaktionen unterscheiden sich sowohl bei der Wahrnehmung im Auge als auch bei der neuronalen Verarbeitung im Gehirn stark vom «Sehen ohne Zeitdruck». Reizverarbeitung in Zusammenhang mit Bewegung ist vermutlich farb- und UV-blind.

3.2.2 Standardisierte Prüfverfahren

Untersuchung von Bauwerken

Für die Erforschung, Entwicklung und Überprüfung der Wirksamkeit von Markierungen braucht es effiziente Untersuchungsmethoden unter standardisierten Bedingungen und mit wiederholbaren Ergebnissen. An bestehenden Bauwerken ist dies im Rahmen der genannten Kriterien kaum möglich, da aufgrund unterschiedlicher Aktivitätsdichte von Vögeln, unterschiedlicher Umgebung, Exposition, Zusammensetzung und Grösse der Glasflächen keine Vergleichbarkeit gegeben ist. Automatisierte Dokumentations-

^[13] Frost, B. J. (2010): A taxonomy of different forms of visual motion detection and their underlying neural mechanisms. *Brain, Behav. Evol.* 75: 218–235.

^[14] Campenhausen, M. & K. Kirschfeld (1998): Spectral sensitivity of the accessory optic system of the pigeon. *J. Comp. Physiol. A* 183: 1–6.

verfahren, die in grosser Zahl an unterschiedlichen Fassaden angewendet werden und Erkenntnisse zu jedem Unfallhergang liefern könnten, sind noch nicht verfügbar. Sie scheitern bisher an den Eigenschaften der Opfer: klein, schnell, kontrastarm und oft unter unzureichenden Lichtverhältnissen unterwegs.

Wahlversuch der Biologischen Station Hohenau-Ringelsdorf (Österreich)

Wenn die Wirksamkeit einer Markierung durch vergleichbare, wiederholbare Ergebnisse quantifiziert werden soll, braucht es eine methodische Herangehensweise, bei der die Anprallereignisse auf begrenzte, leicht zu kontrollierende Flächen konzentriert und entscheidende Einflussgrössen konstant gehalten werden können. Dabei sollen möglichst viele natürliche Gegebenheiten (z.B. Lichtverhältnisse, wildlebende Vögel) in kontrollierter Weise einbezogen sein. Dementsprechend sind Versuchsanordnungen zweckmässig, die Labor- und Freilandbedingungen verbinden.

Das Freilandlabor, mit dem in Europa mit Abstand die meisten Erkenntnisse über die Wirksamkeit von Glasmarkierungen gewonnen wurden, ist der Flugtunnel der Biologischen Station Hohenau-Ringelsdorf in Österreich. Hinter der Idee, Vögel durch einen Tunnel zu schicken, steht, dass Vögel aus dem Dunklen grundsätzlich zum Licht flüchten. Am hellen Ende des Tunnels befindet sich ein Hindernis, das sie erkennen müssen. Je besser dieses für fliegende Vögel erkennbar ist, desto häufiger ist eine aktive Vermeidung zu

erwarten. Das Hindernis ist in diesem Fall die Glasmarkierung. Wichtig für die Abbildung natürlicher Verhältnisse ist, dass die Vögel nicht an die Dunkelheit des Tunnels, sondern an das Tageslicht adaptiert sind und der Aufenthalt im Flugkanal selbst nur wenige Sekunden beträgt, bis das Experiment abgeschlossen ist.

Natürliches Licht und natürlicher Hintergrund

Bei den Hohenauer Flugtunnel-Tests handelt es sich um Wahlversuche, die unter natürlichen Lichtbedingungen und vor natürlichem und homogenem Hintergrund durchgeführt werden. Damit Lichteinfall und Schattenwürfe symmetrisch sind, ist der 7 m lange Tunnelkörper drehbar gelagert und wird ständig nach dem Sonnenstand ausgerichtet. Das Licht fällt in Flugrichtung der Vögel ein, kommt also immer von hinten. Die tageslichtadaptierten Vögel werden an einem Ende in den Flugtunnel gesetzt, wo sie sofort starten, um den Tunnel wieder zu verlassen. Sie fliegen auf zwei nebeneinander stehende Scheiben zu, von denen eine mit einer Prüfmartierung versehen (Prüfscheibe) und die andere eine für alle Versuche konstant gehaltene Glasscheibe ohne Markierung (Referenzscheibe) ist. Die Vögel werden von einem speziellen Netz, dessen feine Maschen vom Vogelauge optisch nicht wahrgenommen werden, unmittelbar vor der Kollision abgefangen. Danach werden sie sofort freigelassen. Der Flugtunnel ist einer Feldstation für wissenschaftliche Vogelberingung angegliedert, wodurch eine ausreichende Zahl von Wildvögeln zur Verfügung steht.



Der Flugtunnel der Biologischen Station Hohenau-Ringelsdorf vor Beginn der Forschungssaison bei noch unvollständiger Vegetationsentwicklung. Die kreisförmige Lichtung entspricht dem Schwenkbereich der Versuchsanlage, die drehbar gelagert ist, um die Sonne konstant «im Rücken» der Vögel zu halten. Die Vögel werden am schmalen Ende in den Tunnel gesetzt und starten sofort in Richtung der Prüfscheiben (rechts). Von einem Netz abgefangen, werden die Vögel unverletzt durch die seitliche Türe ins Freie entlassen.

Auswertung der Testflüge

Für die Auswertung wird die Videoaufzeichnung der Testflüge herangezogen. Während für eine unwirksame Prüfmarkierung zu erwarten ist, dass sich die Anflüge zufällig verteilen, d.h. die Hälfte der Vögel zur Markierung fliegt und die andere Hälfte zum unmarkierten Fensterglas, verschiebt sich das Anflugverhältnis mit zunehmender Erkennbarkeit und Wirksamkeit der Markierung hin zur unmarkierten Referenzscheibe. Bei den Hohenauer Untersuchungen wird pro Prüfmarkierung eine Mindestanzahl von 80 Testflügen auf einen längeren Zeitraum verteilt. Dadurch kann die Wirkung einer Markierung bei unterschiedlichen Tageszeiten, Lichtbedingungen und Witterungsverhältnissen beurteilt werden. Die Versuchsergebnisse waren bei wiederholten

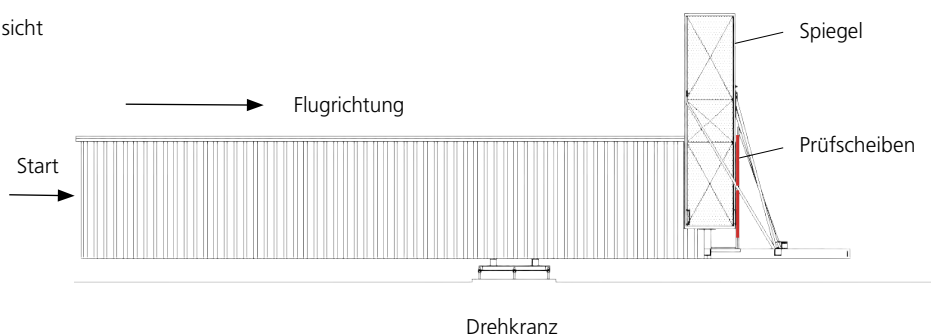
Experimenten statistisch identisch. Die Ergebnisse lassen Vergleiche zwischen unterschiedlich wirksamen Markierungen und ein entsprechendes Ranking zu.

«ONR-Test» und «WIN-Test»

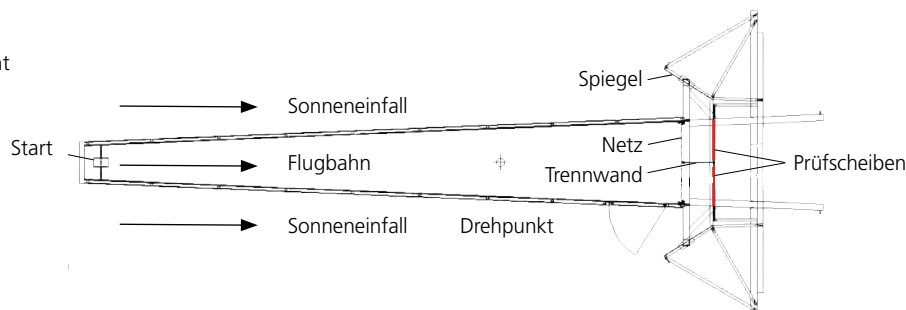
In Hohenau können mit zwei Modifikationen des Testaufbaus sowohl spiegelungsfreie Durchsicht («ONR-Test») als auch Effekte von Spiegelungen untersucht werden («WIN-Test», Kasten S. 28). So kann differenziert werden zwischen Ergebnissen für Standorte mit hellem Hintergrund wie Lärmschutzwände oder Glasbrüstungen und Ergebnissen mit schwach beleuchtetem Hintergrund wie an Fenstern und Fassaden, wo Spiegelungen die Wirkung von Markierungen beeinflussen.

Hohenauer Flugtunnel ONR-Test

Seitenansicht



Draufsicht



Versuchsanlage zur Ermittlung der Wirksamkeit von Markierungen bei Durchsicht (heller Hintergrund). Der Flugtunnel ist auf einem Drehkranz gelagert und wird dem Sonnenstand nachgeführt, sodass das Sonnenlicht immer in Flugrichtung der Vögel einfällt. Das Sonnenlicht wird über zwei Spiegel (jeweils links und rechts seitlich montiert) parallel und symmetrisch auf die beiden Prüfscheiben (rot) gelenkt. Die Prüfscheiben stehen 90° zur Flugachse der tageslichtadaptierten Vögel.



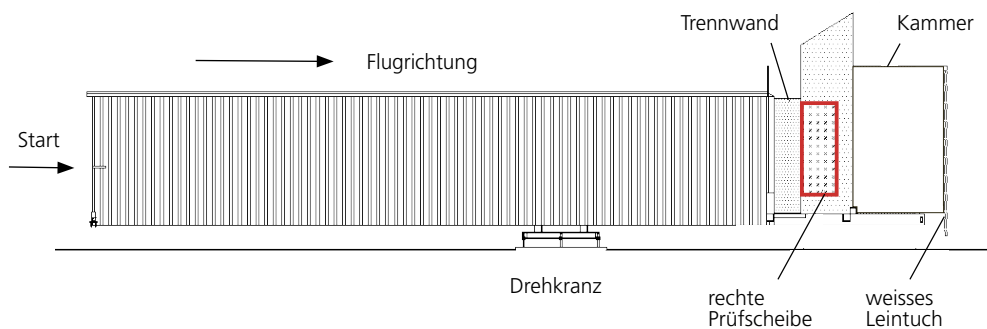
Der Testvogel (rechte Hand) wurde zuvor in einem von 16 speziellen Netzen gefangen und in der Vogelberingungsstation Hohenau-Ringelsdorf beringt, vermessen und registriert. Am Flugtunnel wird nochmals die Ringnummer erfasst. Der ca. drei Sekunden lang dauernde Flug der tageslichtadaptierten Vögel wird auf Video aufgezeichnet. Lichtmessgeräte speichern automatisch die Beleuchtungssituation.



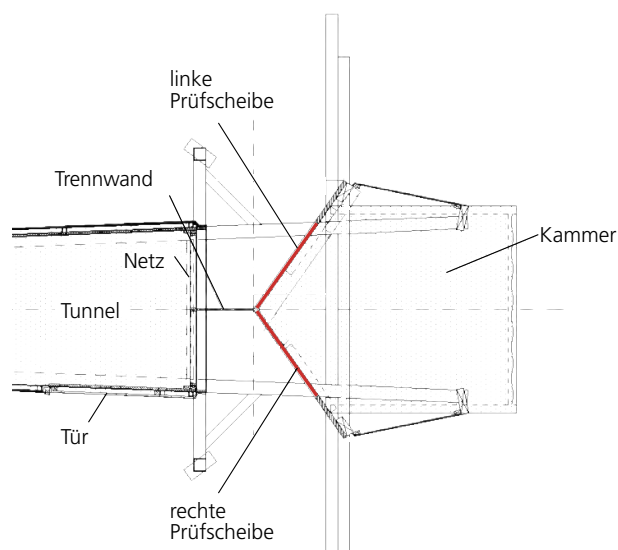
Die Prüfscheiben werden, zufällig gereiht, nach jeweils drei Versuchsflügen gewechselt, um alle Markierungen über einen längeren Zeitraum bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen zu testen. Dabei müssen die Scheiben auf einem kurzen «Dschungelpfad» zum Tunnel gebracht werden.

Hohenauer Flugtunnel WIN-Test

Seitenansicht



Draufsicht



Versuchsanlage zur Integration von Spiegelungen (lichtschwacher Hintergrund). Die beiden Prüfscheiben (rot) stehen jeweils 35° nach aussen gedreht (125° zur Flugachse der Vögel) und reflektieren wie Seitenspiegel eines Autos die homogene Umgebung. Die Spiegelungen entstehen, da im Hintergrund eine Kammer montiert ist, in der die Lichtstärke jener von Innenräumen entspricht (vgl. Tab. 1, S. 9).

Entwicklung der Tunnelversuche zur Beurteilung von Glasmarkierungen

Daniel Klem, Muhlenberg College (USA)

Bereits in den 1980er-Jahren arbeitete D. Klem in den USA mit einem «flightcage»^[15], der die Flucht der Vögel zum Licht ausnutzte, um die Wirkung verschiedener Objekte (Stoffstreifen, Greifvogelattrappen, Lichterketten) zu prüfen und Vermeidungsreaktionen quantitativ zu vergleichen. Dabei wurden zahlreiche wichtige Erkenntnisse, nicht zuletzt zur Wirkungslosigkeit von Vogelattrappen, gemacht.

Hans-Willy Ley, Max-Planck-Institut für Ornithologie, Radolfzell (D)

In den 2000er-Jahren arbeitete H. W. Ley am Max-Planck-Institut in Radolfzell-Mögglingen in einer ehemaligen Mönchsgrasmücken-Voliere von P. Bertholds berühmten Vogelzug-Experimenten. Zu einem Fluchtunnel umgebaut, konnte Ley die Voliere für die Forschungen zur Wirksamkeit von UV-Glasmarkierungen nutzen^[16]. Er arbeitete mit Wildvögeln aus dem Fangprogramm der Vogelwarte Radolfzell. Die Lichtöffnung war geteilt: auf einer Seite befand sich eine unmarkierte Referenzscheibe, auf der anderen eine markierte Prüfscheibe. Durch ein spezielles, für Vögel nicht sichtbares Netz konnten alle Vögel vor der Kollision abgefangen und wohlbehalten in die Freiheit entlassen werden. Die Vögel waren dunkel-adaptiert, also an das schwache Licht im Tunnel angepasst, und die Prüfscheiben wurden künstlich mit einer Osram Vitalux-Lampe beleuchtet.

Martin Rössler, Biologische Station Hohenau-Ringelsdorf (A)

In Hohenau konnte auf den Erfahrungen von Ley aufgebaut werden. Allerdings werden in Hohenau die Vögel von aussen in den Tunnel gesetzt. Sie sind somit an das Tageslicht adaptiert und eine eventuelle Blendung durch den hellen Hintergrund ist ausgeschaltet. Kunstlicht wurde wegen der unnatürlichen Spektralverteilung und des Flackerns der Lampe (flicker) durch natürliche Beleuchtung ersetzt. Im Unterschied zu den Vorgängern basiert die Auswertung der Testflüge auf Videoaufzeichnungen und nicht auf einmaligen Direktbeobachtungen^[17,18].

Eine entscheidende Innovation geht auf Vorversuche in einem fixen süd-nord ausgerichteten Tunnel zurück, bei dem Vögel ungehindert durch den Tunnel ins Freie geschickt wurden (keine Prüfscheiben, kein Netz). Es gab sofort ein erstaunliches Ergebnis: am Vormittag bog beim Verlassen des Tunnels die überwiegende Mehrzahl der Vögel nach links (Westen) und am Nachmittag nach rechts (Osten) ab. Diese mögliche Beeinflussung des Experiments durch den Stand der Sonne konnte zunächst durch eine zeltartige Verlängerung behoben werden, verlangte für tiefer gehende Fragestellungen aber eine Verbesserung der Methode. Zwischen 2004 und 2006 entwickelten M. Rössler, W. Laube, C. Schauer und O. Schweinberger eine Tunnelkonstruktion, bei der die 40 cm vom Netz und 30 cm vom Ende des Tunnels entfernten Prüfscheiben von seitlichen Spiegeln gleichmässig beleuchtet werden (Abb. S. 26)^[19]. Die gesamte Konstruktion wurde auf einen Drehkranz gesetzt, wodurch der Tunnel der Sonne nachgeführt und die Einfallsrichtung des Sonnenlichtes konstant in Flugrichtung der Vögel und der Schattenwurf symmetrisch gehalten wurde. Pro Jahr werden ca. 2500 Wildvögel unter natürlichen Lichtverhältnissen und bei natürlichem Hintergrund auf ein begrenztes Testfeld von etwas mehr als einem Quadratmeter «konzentriert», wobei die Beobachtung jedes «Ereignisses» nur wenige Sekunden in Anspruch nimmt. Bis 2010 wurden mit diesem Fluchtunnel ausschliesslich Experimente mit ungehinderter Durchsicht auf hellen natürlichen Hintergrund durchgeführt. Das Verfahren ist in der Technischen Regel ONR 191040 festgeschrieben und die Methode deshalb in Europa als «ONR-Versuch» bekannt. Die Methode wurde 2010 von C. Sheppard in den USA übernommen^[20], wobei die Vögel dort auf einen künstlichen (blauen) Hintergrund zufliegen, der fallweise von der Sonne stark beleuchtet ist.

2010 wurde in Hohenau eine methodische Erweiterung vorgenommen: zur Berücksichtigung der auf Fenstern und Fassaden auftretenden Spiegelungen wurde hinter den Prüfscheiben eine Kammer errichtet (Abb. S. 27), in der Lichtverhältnisse herrschen, die Innenräumen entsprechen und nur ca. 1 % des Tageslichts zurück auf die Scheiben reflektieren. Die im Durchsichtversuch verwendeten Spiegel wurden demontiert und die Scheiben um 35° nach aussen gedreht, sodass sie in die homogene Umgebungsvegetation gerichtet sind, direkt beleuchtet werden und die Umgebung wie Seitenspiegel eines Autos in die Blickachse der Vögel reflektieren. Die Mehrzahl der Hohenauer Ergebnisse wird derzeit mit dieser «WIN-Methode» (von WINDOW) gewonnen.

^[15] Klem, D. (1990): Collisions between birds and windows: mortality and prevention. J. Field Ornithol. 61: 120–128.

^[16] Ley, H. W. (2006): Experimentelle Tests zur Wahrnehmbarkeit von UV-reflektierenden «Vogelschutzgläsern» durch mitteleuropäische Singvögel. Berichte zum Vogelschutz 43: 87–91.

^[17] Rössler, M. & T. Zuna-Kratky (2004): Vermeidung von Vogelanzprall an Glasflächen: Experimentelle Versuche zur Wirksamkeit verschiedener Glas-Markierungen bei Wildvögeln. Wiener Umweltanwaltschaft.

^[18] Rössler, M., E. Nemeth & A. Bruckner (2015). Glass pane markings to prevent bird-window collisions: less can be more. Biology 70: 535–541.

^[19] Rössler, M., W. Laube & P. Weihs (2009): Avoiding bird collisions with glass surfaces. Experimental investigations of the efficacy of markings on glass panes under natural light conditions in Flight Tunnel II. BOKU-Met Report 10.

^[20] Sheppard, C. D. (2019): Evaluating the relative effectiveness of patterns on glass as deterrents of bird collisions with glass. Global Ecology and Conservation 20: e00795.

3.2.3 Hohenauer Bewertungsschema: Das Konzept hoch wirksamer Markierungen

Voraussetzungen und Zielsetzung

Vogelkollisionen an transparentem oder spiegelndem Glas sind nie vollständig auszuschliessen. Um aber möglichst viele Opfer zu vermeiden sowie Planungs- und Rechtssicherheit für alle Beteiligten sicherzustellen, ist die Messbarkeit der Wirksamkeit von Massnahmen eine wichtige Voraussetzung. Mit den beschriebenen Methoden werden unter standardisierten Bedingungen reproduzierbare Vergleiche zwischen allen geprüften Markierungen und eine Einteilung in Wirksamkeitsklassen möglich. Quantitative Prognosen darüber, wie viele Vögel die Markierung an einem Gebäude, unter den naturgemäss stark wechselnden Lichtverhältnissen, tatsächlich erkennen und somit vor einem Anflug bewahrt werden können, sind auf experimentellem Weg nicht zu erzielen.

Das Konzept hoch wirksamer Markierungen zielt darauf ab, ein statistisch abgesichertes und mit unterschiedlichen technischen Herangehensweisen erreichbares Spitzenfeld von Markierungen zu definieren. Von diesen Markierungen kann erwartet werden, dass sie bei unterschiedlichen Tageslichtbedingungen an unterschiedlichen Standorten den Anforderungen des Vogelschutzes gerecht werden.

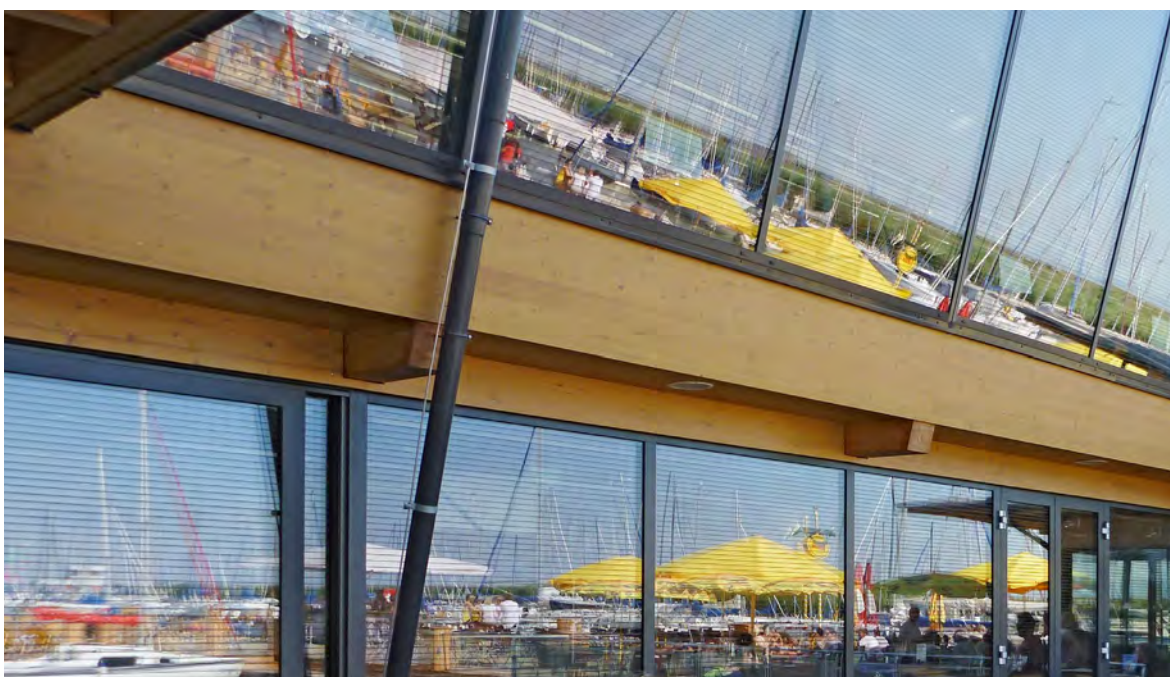
Klassifizierungsschema

Die Biologische Station Hohenau-Ringelsdorf spricht ihre Empfehlungen nach einem breit akzeptierten Klassifizierungsschema aus, das 2008 fachlich in-

ternational abgestimmt wurde und die Grundlage für die Technische Regel ONR 191040 darstellt. Bei den Prüfergebnissen werden vier Kategorien unterschieden, wobei die folgenden Werte sowohl für den Durchsicht- als auch für den Spiegelungstest gelten: Eine uneingeschränkte Empfehlung wird für Kategorie A («**hoch wirksam**») ausgesprochen. Der Grenzwert für Kategorie A liegt bei einer Verteilung von 10:90. Das bedeutet, dass mindestens 90 % der Testflüge zur unmarkierten Referenzscheibe gerichtet sind, und zeigt, dass die Markierung in hohem Masse erkannt wird. Geprüfte Markierungen mit > 10 % bis 20 % Anflügen zur Prüfscheibe werden nach dem Hohenauer Schema als «**bedingt geeignet**» bezeichnet. Sie werden nicht per se empfohlen, da bei unterschiedlichen Bedingungen, etwa an Standorten

Tabelle 2: Hohenauer Bewertungsschema geprüfter Markierungen beruhend auf Wahlversuchen mit markierten Prüfscheiben und unmarkierten Referenzscheiben. Aus statistischen Gründen können in der Regel Markierungen bis 12 % Anflüge zur Prüfscheibe empfohlen werden.

	Anflüge (%) zur Prüfscheibe	Empfehlungspraxis
Kategorie A hoch wirksam	0–10	vorbehaltlos empfohlen
Kategorie B bedingt geeignet	> 10–20	in der Regel nicht empfohlen
Kategorie C wenig wirksam	> 20–42	nicht empfohlen
Kategorie D unwirksam	> 42	nicht empfohlen



Die Scheiben des Seerestaurants beim Nationalpark Neusiedler See wurden aussen mit dünnen schwarzen Linien bedruckt.

mit schlechten Lichtverhältnissen, eine starke Reduktion der Wirksamkeit nicht ausgeschlossen werden kann. Bei mehr als 20 % Anflügen zur markierten Scheibe gilt das Prädikat **«wenig wirksam»**. In dieser Kategorie befinden sich Markierungen, bei denen sich zwar Effekte nachweisen lassen, doch von tatsächlichem Vogelschutz sollte hier nicht gesprochen werden. Als **«unwirksam»** werden Markierungen ab einem Anflugverhältnis von 42:58 definiert, da für ein solches Ergebnis statistisch nicht gesichert gesagt werden kann, ob überhaupt noch eine Beeinflussung der Richtungswahl von der Markierung ausgeht.

In Durchsichtssituationen als hoch wirksam erkannte Markierungen sind nicht zwangsläufig auch an spiegelnden Glasflächen die am besten geeigneten, weshalb das Prüfverfahren dem Anwendungsgebiet entsprechen muss. Für Glasflächen mit Durchsicht (Lärmschutzwände, Glasbrüstungen etc.) gelten die Ergebnisse der ONR-Tests, für Glasflächen mit Spiegelung (Fenster und Fassaden) jene der WIN-Tests.

3.2.4 Kriterien für hoch wirksame Vogelschutzmarkierungen

Durch die standardisierte Untersuchung der Wirksamkeit konnten einige grundlegende Erkenntnisse für Glasmarkierungen gewonnen werden. Dabei geht

es um die Frage: Welche Markierungen können fliegende Vögel als Hindernis erkennen? Als Grundkomponenten kommen Grösse, Abstand und Kontrast und eventuell auch die Form der Markierungselemente in Betracht.

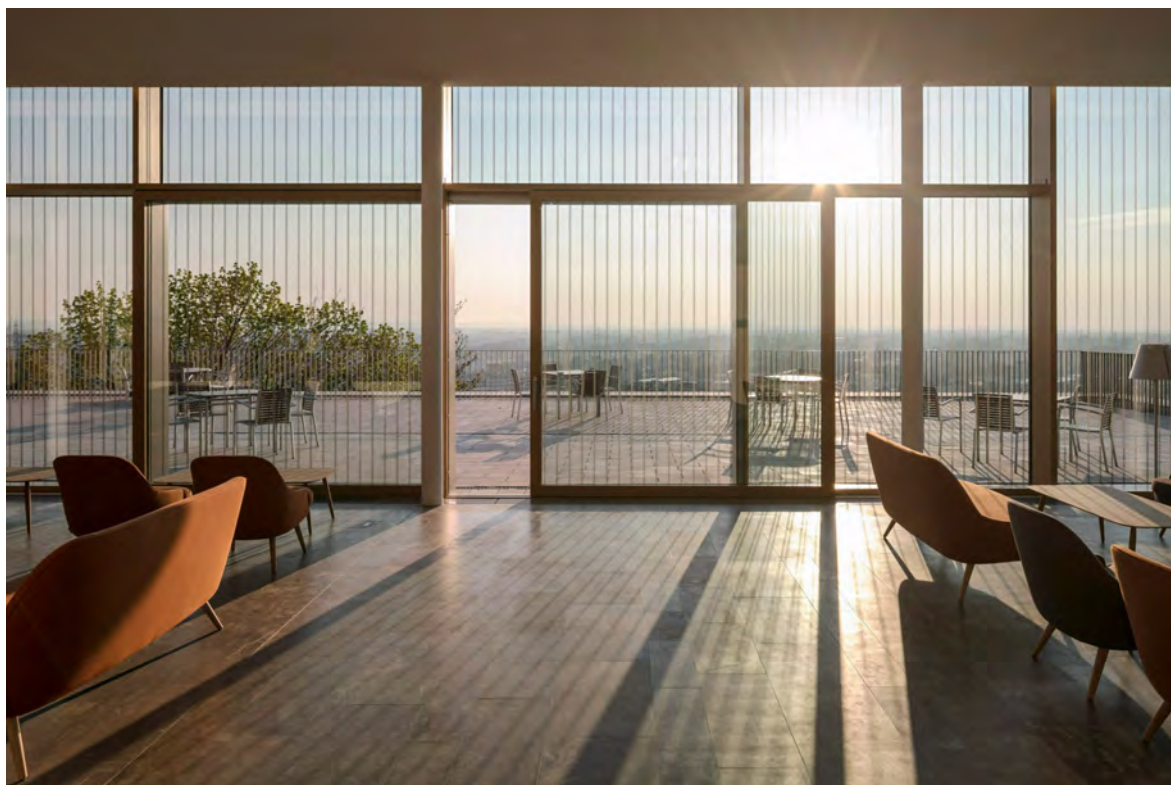
Grösse der Markierungselemente

Bei der Grösse der Elemente sind die optische Auflösung des Vogelauges und der «Bremsweg», also die Distanz zum Hindernis, sowie Geschwindigkeit und Reaktionszeit der Vögel ausschlaggebend. Gut kontrastierende horizontale Streifen werden ab 3 mm Breite ausreichend gut wahrgenommen, bei vertikalen Streifen gelten auf Basis der Untersuchungsergebnisse 5 mm als Mindestbreite. Für Punkte liegt das Minimum bei 9 mm Durchmesser. Je geringer der Kontrast, desto grösser müssen Streifenbreite bzw. Punktdurchmesser sein.

Erstaunliche Erkenntnisse über den zulässigen

Abstand zwischen Punkten und zwischen Streifen

Beim Abstand zwischen den Markierungselementen geht es nicht um Wahrnehmung, sondern um Verhaltensreaktionen – ob etwas, das der Vogel sieht, ihn auch zu einer Richtungsänderung veranlasst. Wird eine Gefahr erkannt, kommt es zu schnellen unbewussten Reaktionen. Die alarmierenden Sinneseindrücke werden über neuronale Schaltungen in Bruchteilen von Sekunden direkt ans Klein-



Beim Umbau der denkmalgeschützten Abtei Michaelsberg wurden hoch wirksame Markierungen zum Schutz vor Vogelanzug von caspar.architects als Gestaltungselement mit eingeplant.



Die dreidimensionale Struktur der Lärmschutzwand von Treusch architecture am Theodor-Körner-Hof in Wien wird durch das verwendete Vogelschutzmuster bewusst optisch verstärkt.

hirn weitergeleitet. Es hat sich gezeigt, dass der kritische Abstand von Markierungselementen keine absolute Grösse ist und dass es auf die Orientierung und die Form der erkannten Hindernisse ankommt. Der maximale Abstand beträgt für hoch wirksame horizontale Streifen 50 mm, für vertikale Streifen 100 mm und bei Punkten, sowohl horizontal als auch vertikal, 90 mm. Bei Punkten können erstaunlicherweise grössere Vertikalabstände empfohlen werden als bei horizontalen Streifen. Damit wird die von der Markierung beanspruchte Fläche deutlich reduziert. Allerdings lassen sich Markierungen nicht skalieren: Dichte Raster aus kleinen Punkten zeigen nur geringe oder überhaupt keine Wirkung. So wird beispielsweise ein Raster von 3-mm-Punkten mit einem Rasterabstand von 14 mm nicht als Hindernis erkannt.

Markierungsfarbe, Kontrast und Deckungsgrad

Wie bereits erwähnt, gelten kritische Grössen und Abstände für maximalen Kontrast, wie er beispielsweise von sattem Schwarz erreicht werden kann. Das dunkelste Grau ist bereits deutlich weniger wirksam als Schwarz und das hellste Grau deutlich weniger wirksam als Weiss. Je stärker eine Glasscheibe spiegelt, desto schwieriger wird es, starke Kontraste zu erzeugen. Umgekehrt können metallisch-reflektierende Markierungen wegen ihrer extremen Helligkeit besonders starke Kontraste erzeugen und bereits bei unter 1 % der Flächenbedeckung eine hohe Wirk-

samkeit erreichen. Markierungen mit geringerer Kontrastwirkung erfordern einen höheren Deckungsgrad. Für semitransparente, milchglasartige Markierungen liegt der erforderliche Deckungsgrad im Idealfall bei 11 % (vgl. S. 38, Nr. 2) und für semitransparente Folien bei mindestens 20 % (vgl. S. 37, Nrn. 8 und 10).

3.2.5 Aktuelle Entwicklungen bei Vogelschutzgläsern für Fenster und Fassaden

Zusammenarbeit von Industrie und Ornithologie

Eine Reduktion von Vogelanzug ganz ohne Veränderung der visuellen Eigenschaften von Glas ist nicht möglich. Aber die Entwicklung geht in Richtung deutlich dezenterer Markierungen. Wurden die ersten Experimente noch mit Klebestreifen, Folien, Lackspray und dergleichen gemacht, entstehen Markierungen mittlerweile in Labors von Glasherstellern und Forschungseinrichtungen und ermöglichen die Verwendung spezieller Materialien und Beschichtungen. Durch physikalische und prozesstechnische Forschung und Entwicklung im Zusammenwirken mit wissenschaftlicher Ornithologie findet derzeit ein Entwicklungsschub statt, der jährlich neue Ideen und Konzepte «aufs Glas bringt» oder bereits geprüfte Markierungen schrittweise verbessert. Daher kann das hier Präsentierte nur eine Momentaufnahme darstellen. Alle hier gezeigten Markierungen wurden vor



Das Interesse der Glasindustrie an Vogelschutz und Kooperation mit der ornithologischen Forschung befördert die Entwicklung dezenter und eleganter Markierungen. Während Einfamilienhäuser oft hohe Kollisionszahlen aufweisen, ist dort oft auch eine hohe Akzeptanz gegenüber Markierungen vorhanden. Dieses hoch wirksame Punktraster wurde nachträglich aufgebracht.

lichtschwachem Hintergrund getestet (WIN-Test, Kap. 3.2.2) und eignen sich nicht automatisch für Anwendungen bei Durchsicht.

Metallische Markierungen und Einwegspiegel-Bemusterung – sehr hoher Kontrast

Basierend auf den Ideen eines Teams der englischen NSG-Pilkington Gruppe wurde 2013 ein grundlegender Innovationsschub in Gang gesetzt. Metallische Beschichtungen rufen sehr helle, lichtstarke Reflexionen auf weniger stark reflektierendem Glas hervor und können dadurch sehr starke Kontraste er-

zeugen. NSG Pilkington entwickelte Streifenmuster aus extrem dünnen metallischen Beschichtungen auf der Aussenseite der Scheiben, welche einen Einwegspiegel-Effekt erzeugen: Aussen ist das Streifenmuster deutlich kontrastierend, vom Innenraum aus ist das Muster nur wenig erkennbar. 2021 wurde eine als hoch wirksam eingestufte Variante auf den Markt gebracht.

Ebenso lassen sich bewährte Muster wie vertikale 5 mm breite Streifen aus metallischen opaken Beschichtungen erzeugen und als hoch wirksam einstufen.



Sicht des Vogels im Versuchstunnel. Pilkington AviSafe™ Aussenansicht: als Schutz vor Vogelanzugprall hoch wirksam, vom Innenraum aus kaum sichtbar (links Prüf-, rechts Referenzscheibe).



Arnold Glas Ornilux® design lines 5/95: hoch wirksame Metallmarkierung mit klassischem Streifenmuster (links Prüf-, rechts Referenzscheibe).

Punktraster – unerwartet gute Wirkung

Während in den USA Rasteranordnungen von Punkten bereits seit Jahren empfohlen wurden, begann in Europa eine systematische Untersuchung von Punktrastern erst 2017. Punkte erlauben paradoxerweise tendenziell grössere Abstände als Streifen, ein Phänomen, das derzeit noch nicht erklärt werden kann. Generell spielt auch hier die richtige

Wahl von Grösse, Abstand und Kontrast eine entscheidende Rolle. Richtgrössen sind 9 mm bis 12 mm Durchmesser, 90 mm bis 100 mm Abstand. Rasterbedruckungen aus kleinen Punkten (1 mm bis 3 mm, Deckungsgrad bis zu 30 %), die als Sonnenschutz verwendet werden und mehrfach von Anwendern als Vogelschutz vorgeschlagen wurden, sind zur Verhinderung von Kollisionen nicht geeignet.



Eastman Saflex® FlySafe™ SEEN shiny 9/90: metallische Punkte mit 9 mm Durchmesser im Abstand von 90 mm: hoch wirksam und wegen der hohen Reflektanz auch für Position 2 geeignet (links Prüf-, rechts Referenzscheibe).



Trotz geringer Punktabstände unwirksames Punktraster: ein dichtes Raster aus schwarzen Punkten mit 3 mm Durchmesser wurde auch auf Position 1 von Vögeln nicht erkannt (links Prüf-, rechts Referenzscheibe).



Dieses Raster aus 9 mm starken metallischen Punkten in 90 mm Abstand ist im Inneren einer Isolierglasscheibe einlaminert und dennoch hoch wirksam. Schwarze Markierungen konnten wegen Spiegelungen bisher nur auf der Aussenseite der Fassadengläser reüssieren.

Auf dem Weg zur hoch wirksamen transparenten Markierung

Grosse Aufmerksamkeit wird derzeit der Entwicklung von weitgehend transparenten Markierungen gewidmet. Dabei wird versucht, das derzeitige Verständnis über die Kontrastwahrnehmung fliegender Vögel umzusetzen und mit komplexen Beschichtungsmethoden Reflexionen in optimalen Spektralbereichen zu erzeugen. Einzelne Prototypen des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) erreichen bereits hohe Wirksamkeit. Allerdings bedeutet hohe Transparenz nicht unbedingt Unsichtbarkeit, weshalb noch in verschiedene Richtungen geforscht wird, um ästhetischen Ansprüchen noch weiter entgegenzukommen.

UV-Markierungen – nach wie vor nicht zu empfehlen
Entwicklungsansätze jenseits von Bedruckung und Folierung mit opaken Mustern bauen seit Anfang der 2000er-Jahre auf die Idee «unsichtbarer» UV-Markierungen. Es wurde davon ausgegangen, dass Vögel UV-Licht wahrnehmen können, der Mensch hingegen nicht – eine Idee, die eine perfekte Lösung des Problems verheisst. Die simple Feststellung «Vögel sehen UV» greift aber zu kurz, und zwar aus folgenden Gründen:

- 1) Die Intensität der UV-Strahlung hängt von Sonnenhöhe und Bewölkungsdichte ab. Bei schlechtem Wetter, in überschatteten Bereichen, im Wald und in dichter Vegetation nimmt die Intensität rapide ab.
- 2) Nur vier Vogelartengruppen (Strausse, Möwen, Pageien, Singvögel mit Ausnahme der Krähenverwandten) verfügen über spezifische UV-Sensoren^[21].

In den Hohenauer Flugtunneltests unter Einbezug von Spiegelungen erwiesen sich transparente UV-Markierungen



Eine in Entwicklung stehende Markierung (Fraunhofer ISE) mit transparenten Streifen auf Position 1 erwies sich als hoch wirksam (links Prüf-, rechts Referenzscheibe).

gen fast durchgängig als völlig wirkungslos oder nur sehr schwach wirksam (Tab. 3). Von sieben als wirkungslos getesteten Markierungen waren fünf UV-Markierungen. Von 40 geprüften Markierungen belegten UV-Markierungen im Ranking die Platzierungen zwischen 31 und 40. Bei Versuchsanlagen mit hellem Hintergrund, die keine Spiegelungen berücksichtigen, wurden tendenziell geringfügig bessere Ergebnisse erzielt. In einer Feldstudie des LBV von 2016 bis 2020, in der vier verschiedene UV-Markierungen in realen Anwendungssituationen getestet und ausgewertet werden konnten, wurde in Einzelfällen zwar eine deutliche Reduzierung des Vogelanzugs festgestellt, dem steht aber ein deutlich höherer Anteil an Tests mit nur geringer oder fehlender Wirkung gegenüber. Von den 453 registrierten Anflügen waren 26 % auf eine UV-markierte Scheibe gerichtet.

Tabelle 3: Wahlversuchsergebnisse (WIN-Versuch) im Flugtunnel der Biologischen Station Hohenau-Ringelsdorf.

Prüfmarkierung	Anflug zur Prüfmarkierung	Anflug zur Referenzscheibe	Ergebnis
Ornilux Mikado® [22]	56 %	44 %	unwirksam
Kolbe Bird Sticker® Vogelsilhouetten, Bedeckung 21,7 % [23]	53 %	47 %	unwirksam
Kolbe Bird Pen®, Bedeckung 21,6 % [24]	36 %	64 %	wenig wirksam*

* Die optische Messung zeigt erstaunlicherweise keine verstärkte Reflexion im UV-Bereich^[24].

^[21] Martin, G. R. (2017): The sensory ecology of birds. Oxford University Press.
^[22] Rössler, M. (2012): Mikado®: <https://wua-wien.at/images/stories/publikationen/vogelanprall-ornilux-mikado.pdf> (Stand 28.9.2022).
^[23] Rössler, M. (2018): birdsticker®: <https://wua-wien.at/images/stories/publikationen/pruefbericht-birdsticker-2018.pdf> (Stand 28.9.2022).
^[24] Rössler, M. (2015): birdpen®: <https://wua-wien.at/images/stories/publikationen/pruefbericht-birdpen-2015.pdf> (Stand 28.9.2022).



Greifvogelsilhouettenaufkleber weisen in der Regel darauf hin, dass Kollisionsprobleme bewusst geworden sind. Sie schaffen aber keinerlei Abhilfe und sollten nicht verwendet werden, da es weiterhin zu Kollisionen in unmittelbarer Nähe der Aufkleber kommt. Es sollten geprüfte Markierungen verwendet werden, welche die gesamte Glasfläche markieren.

3.2.6 Zusammenstellung im Flugtunnel geprüfter Markierungen

Die folgenden Seiten zeigen eine Auswahl der wichtigsten Prüfergebnisse des Hohenauer Flugtunnels. Hier wird erstmals zwischen Markierungen für Durchsichtssituationen vor hellem Hintergrund wie z.B. bei Lärmschutzwänden (ONR-Test, S. 36–37) und Markierungen für Anwendungen vor lichtschwachem Hintergrund wie Fenster und Fassaden unterschieden (WIN-Test, S. 38–41). Die Farbe der Randleiste bezieht sich auf die vier Kategorien des Hohenauer Bewertungsschemas (Kap. 3.2.3). Die Prozentangabe führt die Anflüge zur Prüfscheibe im Wahlversuch an – je kleiner diese Zahl ist, desto besser wird ein Muster von den Vögeln erkannt und desto weiter vorne steht es im Ranking.

Bereits kleine Modifikationen eines Musters hinsichtlich Gestaltung, Massstab, Farbe oder Material können die Effektivität beeinflussen. Besonders beim WIN-Test ist auch die Aussenreflexion zu beachten, das Prüfergebnis gilt hier nur bis zum jeweils angegebenen Reflexionsgrad der Prüfscheibe.

Abkürzungen

DG:	Deckungsgrad, von der Markierung bedeckter Flächenanteil
AR:	Aussenreflexionsgrad der gesamten Prüfscheibenkonstruktion
DM:	Durchmesser
KA:	Kantenabstand
MPA:	Mittelpunktabstand
SZR:	Scheibenzwischenraum

Die **«Position»** bezeichnet die Aufbringungsebene einer Beschichtung in Reihenfolge der Scheibenoberflächen, beginnend mit Position 1 – «Anflugseite» (Aussenseite) der Scheibe, Position 2 – Rückseite einer Einzelscheibe oder der ersten Scheibe eines Isolierglases, Position 3 – Vorderseite der zweiten Scheibe eines Isolierglases etc.

Prüfberichte finden sich auf der Website der Wiener Umweltschutzwirtschaft wua-wien.at/publikationen.

Geprüfte Muster für Lärmschutzwände und Glasbrüstungen (ONR-Test, Durchsicht)

Nr.	Anflüge	Abbildung	Beschreibung
1	2 %		Bezeichnung: ZOOLEX Astmuster / Gasperlmair Material/Farbe: Folie RAL 6014 gelboliv, 25 % Transparenz Position: 1 DG: 20–25 %
2	2 %		Bezeichnung: Eckelt 4Bird V3066 vertikale Punktreihen Masse: DM 8mm, KA zwischen den Punktreihen 100 mm Material/Farbe: Siebdruck schwarz-orange Position: 1 DG: 9 %
3	3 %		Bezeichnung: Eckelt Litex 540 diagonales schwarzes Punktraster Masse: DM 7,5 mm, MPA diagonal 12,7 mm Material/Farbe: Siebdruck schwarz Position: 1 DG: 27 %
4	3 %		Bezeichnung: Vertikale schwarze Streifen Masse: 5 mm breit, KA 95 mm Material/Farbe: schwarzer Druck auf Polycarbonat Position: 1 DG: 5 %
5	5 %		Bezeichnung: Eckelt 4Bird V3067 vertikale Punktreihen Masse: DM 8mm, KA zwischen den Punktreihen 100 mm Material/Farbe: Siebdruck schwarz Position: 1 DG: 9 %
6	5 %		Bezeichnung: Horizontale schwarze Streifen Masse: 3 mm breit, KA 47 mm Material/Farbe: schwarzer Druck auf Polycarbonat Position: 1 DG: 6 %
7	6 %		Bezeichnung: Vertikale orange Streifen Masse: 5 mm breit, KA 100 mm Material/Farbe: oranger Lackspray Duplicolor Platinum RAL 2009 Position: 1 DG: 4,8 %

Kategorie A, hoch wirksam	Kategorie B, bedingt geeignet	Kategorie C, wenig wirksam	Kategorie D, unwirksam
---------------------------	-------------------------------	----------------------------	------------------------

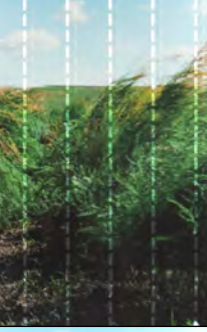
Nr.	Anflüge	Abbildung	Beschreibung
8	6 %		Bezeichnung: Glasdecor 25 Masse: unregelmässig breite Streifen 15–40 mm, Horizontalabstand < 100 mm Material/Farbe: Klebefolie ORACAL Etched Glass Cal 8510, matt, lichtdurchlässig Position: 1 DG: 25 %
9	6 %		Bezeichnung: Saflex® FlySafe™ 3D SEEN shiny 9/90 Punktraster 9/90 Masse: DM 9 mm, MPA 90 mm Material/Farbe: Aluminium Position: 2 DG: 0,8 % Aufbau: VSG 44.2
10	10 %		Bezeichnung: ABC Bird Tape doppelt vertikale Streifen Masse: 20 mm breite Streifen, Abstand zwischen den Streifen abwechselnd 5 mm und 100 mm Material/Farbe: ABC Bird Tape lichtdurchlässig Position: 1 DG: 22,8 %
11	15 %		Bezeichnung: Weisses Punktraster Masse: DM 18 mm, MPA 82 mm Material/Farbe: Siebdruck weiss Position: 1 DG: 3,8 %
12	35 %		Bezeichnung: Plexiglas Soundstop® Masse: 15 mm stark Material/Farbe: Smoky Brown, getöntes Acrylglas
13	37 %		Bezeichnung: Ornlux Mikado (Ornlux Neutralux 1.1 – Juni 2011) Material/Farbe: Beschichtungen im Inneren des Isolierglases, die nach Angaben des Herstellers UV-Strahlung reflektieren und absorbieren
14	54 %		Bezeichnung: Birdpen® Material/Farbe: mit einem Filzstift werden Substanzen auf das Glas aufgebracht, die laut Herstellerangaben Kontraste im UV-Bereich erzeugen Position: 1 DG: ca. 50 %

Geprüfte Muster für Fenster und Fassaden (WIN-Test, Spiegelungen)

Nr.	Anflüge	von aussen gesehen (Spiegelung der Umgebung)	von innen gesehen	Beschreibung	Anmerkungen
1	4 %			Bezeichnung: ZOOLEX Astmuster / Gasperlmair Typ: nichtgeometrische Form Masse: variabel Material/Farbe: Digitaldruck, RAL 6014 gelboliv Position: 1 DG: 20–25 % Aufbau: Monolith 6 mm Float Funktionsbeschichtung: keine AR: 8 % Prüfjahr: 2020	Diese Markierung wurde für die Verwendung in Zoos entwickelt.
2	6 %			Bezeichnung: AGC Interpane, Ätzton Typ: vertikale unterbrochene Doppelstreifen Masse: Rechtecke, 8 x 30 mm Material/Farbe: Siebdruck ähnlich Ätzton Position: 1 DG: 11 % Aufbau: VSG 66.2 Funktionsbeschichtung: keine AR: 8 % Prüfjahr: 2019	Diese Siebdruckmarkierung wurde in zwei Varianten geprüft (vgl. Nr. 13), hier die deutlich wirksamere Ätzton-Variante.
3	6 %			Bezeichnung: Saflex® FlySafe™ 3D SEEN shiny 9/90 ISO Typ: Punktraster Masse: 9 mm DM, MPA 90 mm Material/Farbe: Aluminium Mehrschicht Position: 2 DG: 0,8 % Aufbau: Isolierglas VSG 44.2 / SZR 16 mm / 4 mm Float Funktionsbeschichtung: Low-E (Clima Guard Premium Position 4) AR: 12 % Prüfjahr: 2020	Saflex® Markierungen wurden mehrfach geprüft, hier mit einer Low-E Beschichtung in Isolierglas. Die Markierung wurde erstmals 2019 als «SEEN elements» geprüft (Nrn. 6 und 7).
4	8 %			Bezeichnung: Ornilux® design lines 5/95 - Decochrome Typ: vertikale Streifen Masse: 5 mm breit, KA 95 mm Material/Farbe: Decochrome Position: 1 DG: 5 % Aufbau: VSG 66.2 Funktionsbeschichtung: keine AR: k.A. Prüfjahr: 2020 Prüfbericht: WUA	Ornilux® design bezeichnet sichtbare Markierungen mit metallischen Oberflächen. Nicht zu verwechseln mit UV-Varianten unter dem Namen Ornilux®.
5	9 %			Bezeichnung: AviSafe™ AS/h (hard-edge) laminated 70/40 Typ: vertikale Streifen Masse: 40 mm breite Streifen, Abstand 60 mm, unscharf begrenzt Material/Farbe: Halbspiegelbeschichtung (von innen durchsichtig), metallisch reflektierend Position: 1 DG: k.A. Aufbau: Isolierglas VSG 64.2//4 mm Float Funktionsbeschichtung: Solar Control 70/40 Position 4 AR: k.A. Prüfjahr: 2021	AviSafe™ Markierungen spiegeln an der Aussenseite und sind von innen durchsichtig und nur schwach erkennbar.

Kategorie A, hoch wirksam	Kategorie B, bedingt geeignet	Kategorie C, wenig wirksam	Kategorie D, unwirksam
---------------------------	-------------------------------	----------------------------	------------------------

Nr.	Anflüge	von aussen gesehen (Spiegelung der Umgebung)	von innen gesehen	Beschreibung	Anmerkungen
6	9 %			Bezeichnung: SEEN shiny 9/90 (später Saflex®) Typ: Punktraster Masse: 9mm DM, MPA 90mm Material/Farbe: Aluminium Mehrschicht Position: 2 DG: 0,8 % Aufbau: VSG 44.2 Funktionsbeschichtung: keine AR: 8 % Prüfjahr: 2019 Prüfbericht: WUA	SEEN elements shiny haben glänzende konkave Oberflächen mit sehr starker Lichtreflexion und sind auch auf Position 2 hoch wirksam. Auf Position 1 zur Nachrüstung geeignet.
7	9 %			Bezeichnung: SEEN matt 9/90 Typ: Punktraster Masse: 9mm DM, MPA 90mm Material/Farbe: Aluminiumbeschichtung Position: 2 DG: 0,8 % Aufbau: VSG 44.2 Funktionsbeschichtung: keine AR: 8 % Prüfjahr: 2019 Prüfbericht: WUA	SEEN elements matt haben matte, plane Oberflächen, die gleichmässig hell reflektieren. Auf Position 1 zur Nachrüstung geeignet.
8	10 %			Bezeichnung: Saflex® FlySafe™ 3D SEEN shiny 9/90 Typ: Punktraster Masse: 9mm DM, MPA 90mm Material/Farbe: Aluminium Mehrschicht Position: 2 DG: 0,8 % Aufbau: VSG 44.2 Funktionsbeschichtung: St. Gobain COOL-LITE® ST167 AR: 19 % Prüfjahr: 2021	In diesem Fall wurde das Saflex® 9/90 Punktraster in VSG mit 19 % Aussenreflexion geprüft (vgl. Nr. 6).
9	10 %			Bezeichnung: SEDAK Quadrate 12 mm schwarz Typ: Punktraster Masse: Quadrate 12 mm Seitenlänge, MPA 90mm Material/Farbe: Siebdruck, RAL 9005 Position: 1 DG: 1,8 % Aufbau: VSG 44.2 Funktionsbeschichtung: keine AR: 8 % Prüfjahr: 2019 Prüfbericht: WUA	Schwarze Siebdruck- und Folienraster wurden bisher ausschliesslich auf Position 1 geprüft (vgl. Nrn. 10 und 17).
10	11 %			Bezeichnung: Punktraster Anthrazit 10/100, kein spezifischer Hersteller Typ: Punktraster Masse: Punkte 10mm DM, MPA 100mm Material/Farbe: Klebefolie geplottet, RAL 7016 Position: 1 DG: 0,8 % Aufbau: Monolith 4mm Float Funktionsbeschichtung: keine AR: 8 % Prüfjahr: 2018	Zur Nachrüstung geeignet.

Nr.	Anflüge	von aussen gesehen (Spiegelung der Umgebung)	von innen gesehen	Beschreibung	Anmerkungen
11	14 %			Bezeichnung: Saflex® FlySafe™ SEEN shiny 3/50 Typ: Punktraster Masse: 3 mm DM, MPA 50 mm Material/Farbe: Aluminium Mehrschicht Position: 2 DG: 0,3 % Aufbau: VSG 44.2 Funktionsbeschichtung: keine AR: 12 % Prüfjahr: 2020	Metallische Punkte mit 3 mm DM sind weniger wirksam als mit 9 mm DM (Nrn. 3, 6 und 7).
12	16 %			Bezeichnung: Orn lux® design dart 9/90 - Decochrome Typ: Punktraster Masse: durchbrochene, kokardenartige Punkte, äusserer Ring 2 mm, Innenkreis 3 mm DM, Rasterabstand: 90 mm Material/Farbe: Decochrome Position: 1 DG: 0,4 % Aufbau: VSG 66.2 Funktionsbeschichtung: keine AR: k.A. Prüfjahr: 2020 Prüfbericht: WUA	Durchbrochene metallische Punkte («Kokarden») sind weniger wirksam als metallisches Streifenmuster Nr. 4.
13	16 %			Bezeichnung: AGC Interpane Ipasol grey / Ipasol bright Typ: vertikale unterbrochene Doppelstreifen Masse: Rechtecke, 8 x 30 mm Material/Farbe: Siebdruck Ipasol grey / Ipasol bright Position: 1 DG: 11 % Aufbau: VSG 66.2 Funktionsbeschichtung: keine AR: 8 % Prüfjahr: 2020	Transparente Version des Ätzmusters Nr. 2.
14	32 %			Bezeichnung: Diagonales Punktraster 5 mm Ätztön Typ: diagonales Punktraster Masse: 5 mm DM, diagonal MPA 35 mm Material/Farbe: geätzt Position: 1 DG: 1,6 % Aufbau: Isolierglas 6 mm Float / SZR: 16 mm / 6 mm Float Funktionsbeschichtung: Low-E auf Position 3 AR: k.A. Prüfjahr: 2021	Punktraster in Ätztön mit Punkt-DM von 5 mm wenig wirksam (zu geringer Kontrast und zu geringer DM).
15	45 %			Bezeichnung: Vertikale Punktreihen 3 mm schwarz Typ: vertikale Punktreihe Masse: 3 mm DM, MPA in der Reihe 6 mm, zwischen den Reihen 38 mm Material/Farbe: Siebdruck schwarz Position: 2 DG: 3,1 % Aufbau: Isolierglas 6 mm Float / SZR: 16 mm / 6 mm Float Funktionsbeschichtung: Low-E auf Position 3 AR: k.A. Prüfjahr: 2021	Punktreihen mit Punkt-DM von 3 mm auf Position 2 sind unwirksam (zu feines Muster).

Nr.	Anflüge	von aussen gesehen (Spiegelung der Umgebung)	von innen gesehen	Beschreibung	Anmerkungen
16	47 %			Bezeichnung: Kolbe birdsticker® Silhouetten Typ: 15 Stk. Vogelsilhouetten Masse: 94 cm²/Silhouette. Material/Farbe: transparent, UV reflektierend Position: 1 DG: 21,7 % Aufbau: Monolith 4 mm Float Funktionsbeschichtung: keine AR: 8 % Prüfwahl: 2017 Prüfbericht: WUA	Unwirksame UV-Markierung.
17	48 %			Bezeichnung: Punktraster Anthrazit 3/14 Typ: Punktraster Masse: Punkte 3 mm DM, MPA 14 mm Material/Farbe: Klebefolie geplottet, RAL 7016 Position: 1 DG: 3,6 % Aufbau: Monolith 4 mm Float Funktionsbeschichtung: keine AR: 8 % Prüfwahl: 2018 Prüfbericht: WUA	Punktraster mit Punkt-DM von 3 mm, schwarz, auf Position 1 unwirksam (zu feines Muster; vgl. auch Punktreihen in Nr. 15).

3.3 Nachrüstung

Nachrüstung ist teurer als vogelfreundliche Glasprodukte

Gängige Nachrüstungsmassnahmen für bereits bestehende problematische Glasflächen sind Folien mit aufgedruckten Mustern oder mittels einer Trägerfolie aufgeklebte Musterelemente, mit denen sich transparente und spiegelnde Glasflächen für Vögel wahrnehmbar machen lassen.

Gegenüber vogelfreundlichen Glasprodukten (z.B. bedrucktes Glas, transluzentes Glas, Strukturglas) weisen solche Nachrüstungsmassnahmen jedoch eine geringere Haltbarkeit auf und müssen regelmässig erneuert werden. Verglichen mit Vogelschutzmassnahmen, die bereits in der Bauplanung berücksichtigt werden, ist somit bei den meisten Nachrüstungsmassnahmen auf Dauer mit höheren Kosten zu rechnen. Darüber hinaus ist zu bedenken, dass bei der Verwendung von Folien grosse Mengen Abfall entstehen.

Eine weitere Option für die nachträgliche Sicherung von Glasflächen gegen Vogelanprall ist der Vorbau feinmaschiger Strukturen wie Drahtgeflechte, Holzgitter, Schnüre oder Netze etc.

Spiegelnde Flächen immer auf der Aussenseite markieren!

Bei allen Nachrüstungsmassnahmen ist grundsätzlich zu beachten, dass auf Fenstern und anderen spiegelnden Glasflächen die Markierung immer an der Aussenseite aufgebracht sein muss. Bei freistehenden Scheiben, an denen Durchsicht der relevante Gefährdungsfaktor ist, kann die Massnahme auf jener Seite des Glases erfolgen, an der sie am günstigsten umzusetzen ist.

Die flächige Anbringung von nachträglichen Vogelschutzmassnahmen erfolgt in der Regel durch Fachfirmen. Zusätzliche Kosten entstehen durch den oft notwendigen Einsatz von Hubsteigern oder Gerüsten.

Mit Vogelschutzmarkierung bedruckte Folien

Transparente, mit einer Vogelschutzmarkierung bedruckte Folien werden vollflächig auf das Glas aufgebracht. Die Folien müssen für die Aussenanwendung geeignet sein. Die Montage auf der Anflugseite gewährleistet, dass mit Hilfe der Markierung auch Spiegelungen auf der äusseren Glasfläche durchbrochen werden. Hier muss darauf geachtet werden, dass die gewünschten Muster den Vorgaben für hoch wirksame Markierungen entsprechen (Kap. 3.2.4).

Verschiedene Spezialfolien (Einbruchschutz, Splitterschutz etc.) können mit einer Vogelschutzmarkierung bedruckt werden, sofern diese Folien hochtransparent sind.

Bei bedruckten Folien ist auf Lichtechtheit (UV-Beständigkeit) und Lichtundurchlässigkeit des Drucks zu achten, denn nur satt deckende Farben garantieren den notwendigen Kontrast für einen sicheren Kollisionsschutz. Die Folien haben laut Herstellerangaben eine Haltbarkeit von 5 bis 15 Jahren. Danach müssen sie bei Bedarf erneuert werden. Eine professionelle Versiegelung der Folienränder kann die Haltbarkeit erhöhen.

Geplottete Folienmuster

Eine weitere Möglichkeit der nachträglichen Markierung mittels Klebefolien ist die Aufbringung ausge-



Bedruckte Folien werden vollflächig aufs Glas aufgebracht.



Bei der Aufbringung ausgeplotteter Folienmuster werden nur die Musterelemente selbst verklebt.



Zur Sicherung gegen Vogelanprall am neuen Bauhaus Museum in Dessau wurden mehr als 2700 m² Fassadenglas nachträglich mit einem ausgeplotteten Linienmuster versehen.

plotteter Muster über eine Trägerfolie. Da die dafür verwendeten Folien in der Regel aus durchgefärbtem Kunststoffmaterial bestehen, ist die Gefahr des Verblassens geringer als bei bedruckten Folien. Die am Plotter zugeschnittenen Muster werden individuell nach Kundenwunsch angefertigt. Nachteilig gegenüber ganzflächig aufgetragenen Folien ist eine grössere Anfälligkeit für Beschädigungen und Witterungseinflüsse. Die Herstellerangaben bezüglich der Haltbarkeit variieren zwischen 5 und 15 Jahren.

Gefahr von thermischem Glasbruch durch nachträgliche Folienbeklebung

Thermisch verursachter Glasbruch entsteht durch grosse Temperaturdifferenzen auf einer Glasfläche.

Bei starker Sonneneinstrahlung erwärmt sich die Glasoberfläche. Sind auf der Scheibe grossflächige Bereiche mit dunklen Farben oder anderen absorbierenden Materialien beschichtet, erwärmen sich diese in der Regel stärker als der Rest der Oberfläche. Bei einer Temperaturdifferenz von mehr als 40 Kelvin kann es daher bei nicht vorgespannten Gläsern zu thermisch verursachtem Glasbruch kommen. Vorgespanntes Glas (Sicherheitsglas) und teilvorgespannte Gläser weisen eine weitaus höhere Temperaturwechselbeständigkeit auf. Dieses Glas kann problemlos erhöhte thermische Lasten durch aufgetragene Folien, Farben oder Ätzungen aufnehmen, ohne dass dadurch das Bruchrisiko erhöht wird.

Die meisten geprüften Vogelschutzmuster sind äusserst kleinteilig. Diese Muster erzeugen keine flächige Erwärmung von Teilbereichen der Scheiben und können daher in der Regel sowohl als ausgeplottetes Folienmuster als auch als bedruckte Folie unbedenklich verwendet werden.

Ausnahme: die Kombination aus Sonnenschutzfolie mit aufgedrucktem Vogelschutzmuster kann besonders bei empfindlichen Dreifachverglasungen durch die zusätzliche Sonnenschutztonung zu verstärkten Temperaturunterschieden zwischen den einzelnen Glasscheiben und damit zu einer erhöhten thermischen Bruchgefahr führen.

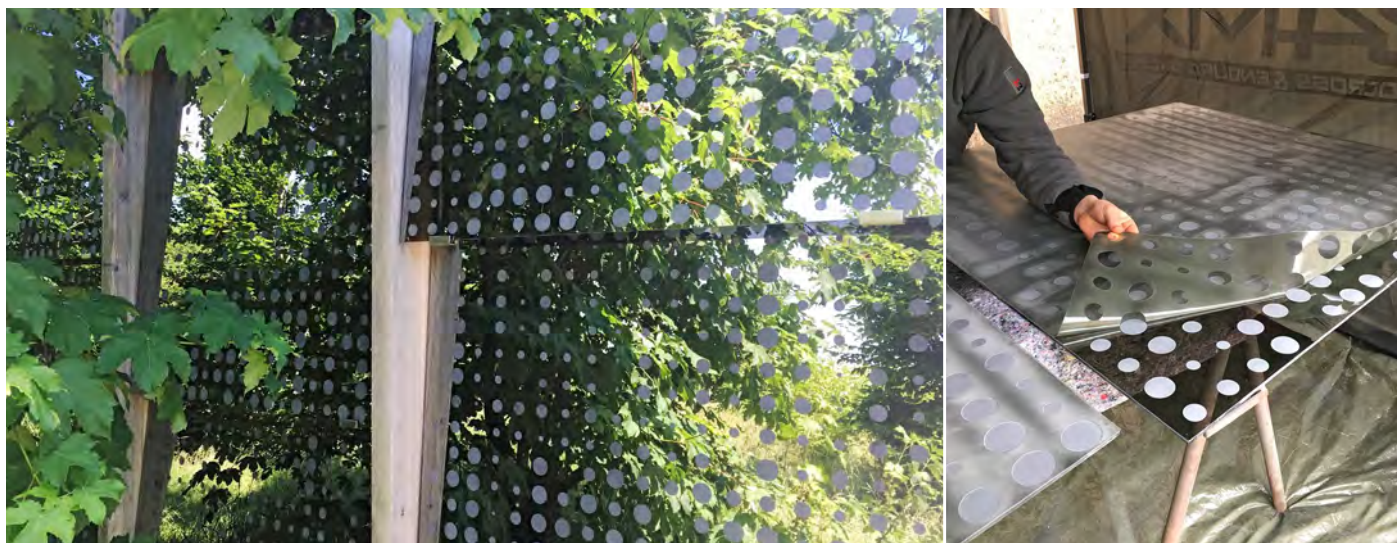
Bei der Verwendung von nachträglich aufgetragenen Klebefolien zum Vogelschutz ist nicht nur zur Brechung von Spiegelungen, sondern auch aus Gründen einer möglichen Erwärmung darauf zu achten, dass aussenseitig geklebt wird. Hier ist durch die ständige Belüftung eine Abkühlung eher gewährleistet, während es bei starker Sonneneinstrahlung raumseitig schnell zu einem Wärmestau und dadurch zu Glasbruch kommen kann.

Sandstrahlverfahren und Satinieren

Zur Verhinderung von Vogelkollisionen können Glasscheiben mittels Sandstrahlverfahren oder durch Satinieren mit einer matten Oberfläche versehen werden. So behandelte Gläser haben nicht-transparente und nicht-spiegelnde Eigenschaften und können z.B. für Gebäudefassaden oder Balkonbrüstungen verwendet werden.

Beim Sandstrahlverfahren macht mit Druckluft auf die Oberfläche geblasener Sand durch seine abrasive Wirkung aus einer glatten, spiegelnden eine raue, diffus reflektierende Oberfläche. Beim Satinieren wird durch einen chemischen Prozess die Oberfläche des Glases mattiert.

Es können entweder ganze Gläser verändert oder nur Teilflächen markiert werden. Grundsätzlich sind diese Verfahren auch für Nachrüstungen vor Ort einsetzbar.



Eine nachträglich sandgestrahlte Fassade in Scharstein: Für die Nachrüstung konnten die einzelnen stark spiegelnden Gläser von der Fassade abgenommen werden. Anschliessend wurden sie vor Ort durch partielles Sandstrahlen (lochkartenartiges Punktraster wechselnder Durchmesser) im Sinne des Vogelschutzes verändert.

Stahlnetze

Zur nachträglichen und dauerhaften Anbringung am Gebäude eignen sich Stahlnetze, wie sie zur Fassaden-sicherung und -begrünung genutzt werden. Bei der Verwendung zum Schutz gegen Vogelanzprall ist dabei darauf zu achten, dass die Seilstärke und die Maschenweite den Vorgaben für hoch wirksam getestete Vogelschutzmuster entsprechen. Diese sollten eine Seilstärke von mindestens 3 mm und eine nicht zu grosse Maschenweite aufweisen (bei diagonaler Anbringung maximal 7 x 7 cm bzw. an ihrer breitesten Stelle maximal 10 cm).

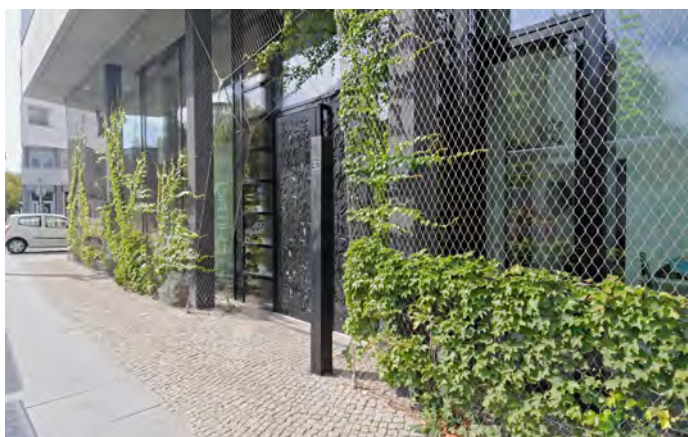
Kunststoffnetze

Als provisorische Notlösung werden Netze aus Kunststoff angesehen. Wie bei Stahlnetzen muss die Ma-

terialstärke mindestens 3 mm betragen, bei maximal 10 cm Maschenweite. Es dürfen nur gut kontrastierende Farben verwendet werden. Das Netz muss straff gespannt sein und an der Scheibe anliegen, da sich andernfalls Vögel in den Maschen verfangen können.

Schnüre

Eine einfache und kostengünstige Möglichkeit, Glasflächen für Vögel sichtbar zu machen, stellt das Spannen von Schnüren dar. Dazu werden mindestens 3 mm dicke Schnüre vertikal und im Abstand von 10 cm zueinander vor der Scheibe befestigt. Die Schnüre sollten aus witterungsbeständigem Material bestehen und die Farbe muss einen guten Kon-



Stahlnetze, wie sie häufig zur Gebäudebegrünung genutzt werden, können bei richtiger Seilstärke auch dem Vogelschutz dienen. Bei dem Entwurf des PHED Passivhauses von scarchtitekten joerg springer/robert mieth in Berlin wurde diese Form der Fassadengestaltung von Anfang an eingeplant. Je nach Fassadenbeschaffenheit können entsprechende Netze aber auch nachträglich installiert werden.



Nach wiederholtem Vogelanzprall an den spiegelnden Fenstern einer Werkhalle in S-charf wurden nachträglich im Abstand von 8–10 cm schwarze Nylonschnüre gespannt. Im Anschluss an die Nachrüstung wurden keine Vogelkollisionen mehr dokumentiert.

rast zum Hintergrund bilden. Schwarze, weisse oder orange bzw. rote Schnüre sind von Vögeln am besten als Hindernisse zu erkennen. Solche Schnurvordänge können mit einfachen Mitteln selbst hergestellt und hinsichtlich Grösse und Anbringungstechnik leicht den jeweiligen Gegebenheiten angepasst werden. Als fertiges Produkt sind sie in Nordamerika als «Acopian Bird Savers» bekannt.

Klebspunkte

Im privaten Bereich und wenn eher kleinere Scheiben betroffen sind, lässt sich auch mit einfachen Mitteln ein wirksames Punktraster umsetzen. Hierfür können im Handel erhältliche Klebspunkte in den Farben Schwarz, Weiss, Orange oder Rot mit einem Durchmesser von 1,2–2 cm im Abstand von maximal 9 cm auf die Aussen- seite der Scheibe geklebt werden. Für grössere Bau- projekte und Neubauvorhaben ist diese Massnahme je- doch nicht geeignet, hier sind unbedingt die in Kapitel 3.1 und 3.2 vorgestellten Massnahmen anzuwenden.

Künstlerische Nachrüstung

Mitunter bieten sich Scheiben auch für eine individu- elle und dekorative Gestaltung an. So können etwa mit wasserfesten Fensterfarben oder Stiften kreative Vogelschutzmuster auf die Scheiben gemalt werden. Um eine gute Wahrnehmbarkeit für die Vögel sicherzustellen, sollten vor allem die Farben Schwarz, Weiss, Orange oder Rot verwendet werden. Alternati- v zur Fensterfarbe können auch andere Techniken wie Schablonen, Sprühlacke oder dekorative Fens- teraufkleber zum Einsatz kommen.

Bei der Wahl der Motive sind der Fantasie keine Grenzen gesetzt; es ist lediglich auch hier darauf zu achten, dass die Fensterfläche vollflächig markiert wird und keine Lücken frei bleiben, die höher als 5 cm bzw. breiter als 10 cm sind.



Bei dieser kreativen Markierung werden die Motive über die gesamte Fläche verteilt, ohne grössere Lücken freizulassen. Dennoch ist die Sicht nach aussen nicht stark eingeschränkt und der Lichteinfall ist weiterhin gewährleistet.

Auch bei der Gestaltung einer individuellen Vo- gelschutz-Dekoration ist zu beachten, dass diese bei Spiegelungen immer aussen an der Scheibe ange- bracht sein muss. In diesem Fall müssen die verwen- deten Materialien wasserfest und witterungsbestän- dig sein. Nur in Situationen mit reiner Durchsicht können die Markierungen auch auf der Innenseite angebracht werden.



Aufgrund der starken Spiegelungen von Vegetation auf der Fensterfront der Kantonsschule Beromünster kam es zu häufigen Vogelkollisionen. Daher wurden vor ca. 20 Jahren Greifvogelsilhouetten angebracht, mit denen jedoch keine Besserung der Situation erreicht wurde. In einem Schulprojekt wurde daraufhin von Jugendlichen eine kreative Fenstermarkierung entworfen, die den Anforderungen eines wirksamen Vogelschutzes entspricht.

4 Ungeeignete Massnahmen

Immer noch kursieren Empfehlungen für vermeintlich geeignete Massnahmen sowie Aussagen zu Eigenschaften von Markierungen, die sich als Irrtümer erwiesen haben. So werden weiterhin Produkte angeboten, die Vogelanprall nicht ausreichend verhindern. Zwar können einige Massnahmen unter bestimmten Bedingungen bis zu einem gewissen Grad helfen, das Risiko von Vogelanprall etwas zu mindern, jedoch stellt keine der hier genannten Massnahmen einen ausreichenden Schutz dar.

Reduzierter Aussenreflexionsgrad

Spiegelungen an Glas entstehen durch den Helligkeitsunterschied vor und hinter der Scheibe. Da der Unterschied zwischen Innenraum und Aussenraum von Gebäuden sehr hoch ist, bleiben auch bei starker Reduktion des Aussenreflexionsgrades Spiegelungen in der Regel vorhanden (Kap. 2.2). Daher stellt die Verwendung von reflexionsarmem Glas (bis hinunter zu 2 % Reflexionsgrad) für sich allein und ohne Markierung keinen wirksamen Vogelschutz dar. Umgekehrt gilt aber, dass mit höherem Reflexionsgrad das Kollisionsrisiko weiter steigt und auch die Wirksamkeit vieler Markierungen abnimmt. Aus diesem Grund sind generell Funktionsbeschichtungen, die den Aussenreflexionsgrad verringern, solchen Beschichtungen vorzuziehen, die ihn erhöhen.

Greifvogelsilhouetten

Aufgeklebte Greifvogelsilhouetten als vermeintliche Vogelschutzmassnahme sind immer noch häufig zu sehen. Eine abschreckende Wirkung haben sie je-

doch nicht. Anfliegende Vögel nehmen die Silhouette nicht als potenziellen Fressfeind wahr, dem sie weiträumig ausweichen würden. Tatsächlich erkennen sie die Silhouetten bestenfalls als punktuell Hindernis und prallen oft dicht daneben gegen die Scheibe.

UV-Markierungen

Bislang liess sich nicht belegen, dass transparente UV-Markierungen, egal ob im Glas integriert oder als Aufkleber, Folie oder mit Stiften nachträglich aufgebracht, Vögel zuverlässig vor Kollisionen bewahren können. Die Fähigkeit bestimmter Vogelarten, Licht im UV-Bereich zu sehen, ist zwar grundsätzlich erwiesen, allerdings haben zahlreiche stark kollisionsgefährdete heimische Arten wie Greifvögel, Spechte und Tauben keine Sensoren, die UV ausreichend gut wahrnehmen. Zudem sind die Mechanismen des Sehens vom momentanen Verhalten des Vogels abhängig. Im Unterschied zu Situationen wie Nahrungssuche oder Partnerwahl spielt das UV-Sehen für in Bewegung befindliche Vögel, die schnell ein Hindernis erkennen und diesem ausweichen müssen, eine untergeordnete oder gar keine Rolle (Kap. 3.2.1). Ausserdem ist bei bedecktem Himmel oder bei niedrigen Sonnenständen das Licht arm an UV. Gerade morgens und abends sind aber viele Vögel besonders flugaktiv.

In experimentellen Untersuchungen ist die Wirkung von UV-Markierungen tendenziell an ein starkes Lichtangebot, UV-reiches (Kunst-)Licht und hellen Hintergrund gekoppelt. Unter schlechteren Lichtbedingungen oder bei schwach beleuchtetem Hintergrund kann in den meisten Fällen keinerlei Effekt erkannt werden. So konnte weder durch Tests im Flugtunnel Hohenau-Ringelsdorf noch durch eine ergänzende Feldstudie in Bayern eine sichere oder mit den meisten sichtbaren Markierungen annähernd vergleichbare Wirkung festgestellt werden (Kap. 3.2.5).

Laser zur Erzeugung feiner Linien

Grundsätzlich lässt sich mit Lasertechnik jedes beliebige Muster in Beschichtungen «kratzen» oder in Kunststoffe brennen, also auch hoch wirksame Markierungen. Laser wird aber vor allem zur Erzeugung präziser, sehr feiner Strukturen verwendet. Hauchdünne Linien, mit denen Vogelschutz versprochen wird, können von Vögeln nicht wahrgenommen werden (s. Abb. S. 49, vgl. Netze für den Vogelfang). Daher ist bei Laser-Produkten Skepsis angebracht und zu prüfen, ob die beworbenen Muster den Kriterien wirksamer Markierungen (Grösse, Abstand, Kontrast) entsprechen und Prüfungen vorliegen. Von feinen Linienmustern ist kein Vogelschutz zu erwarten.



Immer wieder sind Aufprallspuren direkt neben Greifvogelsilhouetten zu finden. Auch eine seltene Scheibenreinigung bietet keinen Schutz vor Vogelkollisionen.

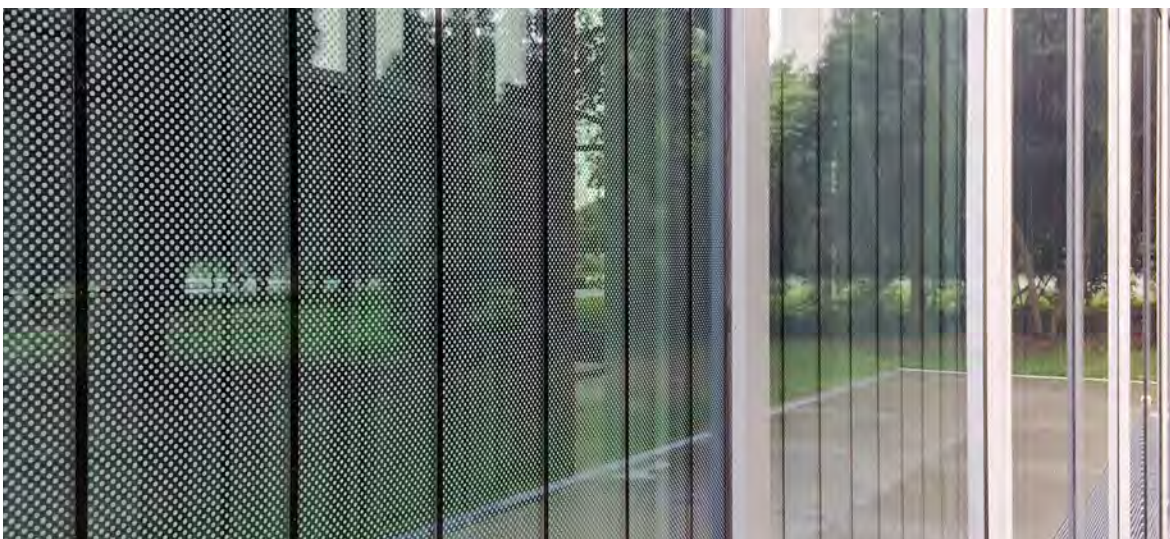


Transparente, UV-reflektierende Silhouetten werden von Vögeln nicht erkannt. Mitunter sind Kollisionsspuren unmittelbar an solchen Aufklebern zu finden.

Deckungsgrad über 20 oder 30 Prozent

Bereits seit 2005 sind Markierungen mit einer Flächenbedeckung zwischen 5 % und 10 % Standard. Mittlerweile gibt es hoch wirksame Markierungen mit unter 1 % bedeckter Fläche. Nur für semi-transparente Markierungen (milchglasartige Streifen) wurden 20 % bis 25 % gefordert; 2019 wurde eine milchglasartige Markierung aus unterbrochenen Doppelstreifen mit 15 % Deckung als hoch wirksam geprüft. Einen direkten Zusammenhang zwi-

schen Wirksamkeit und Deckungsgrad (Dichte) einer Markierung gibt es somit nicht. Es kommt auf die Erkennbarkeit (minimale Grösse, ausreichender Kontrast bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen) und auf die zu erwartende Verhaltensreaktion der Vögel (maximaler Abstand der Markierungselemente) an. Weniger kann dabei mehr sein: Dichte Raster aus kleinen Punkten mit > 10 % bedruckter Fläche erwiesen sich als unwirksam.



Bauhaus Museum Dessau: Trotz eines Deckungsgrades von 30% ist das feine Punktraster zum Vogelschutz aufgrund seiner geringen Erkennbarkeit ungeeignet. Die Fassade wurde daher mit schwarzen Streifen nachgerüstet.

Teilmarkierung von Fensterflächen

Glasscheiben müssen immer in ihrer Gesamtheit für Vögel kenntlich gemacht werden. Dies gilt ebenso für sehr hoch gelegene Glasflächen wie für den bodennahen Bereich einer Scheibe, da Vögel in allen Höhen aktiv sind. Bleibt ein Teil der Scheiben unmarkiert, können an den freien Flächen weiterhin Kollisionen stattfinden.

Beschattung durch rückversetzte Glasflächen

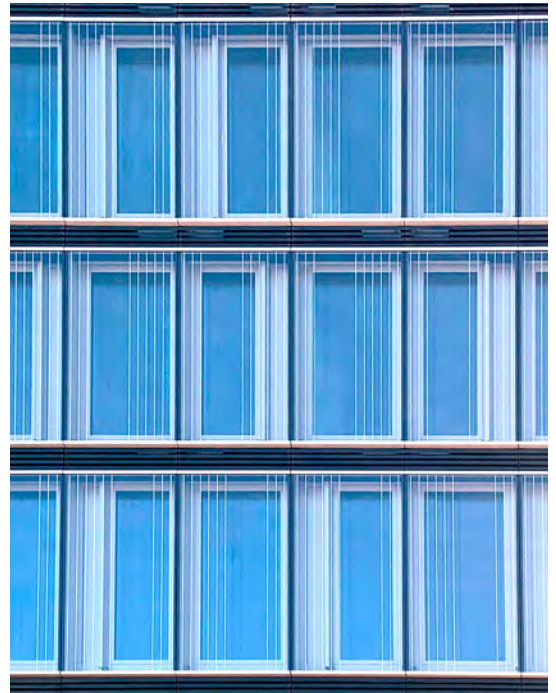
Durch das Beschatten von Glasflächen oder durch architektonische Massnahmen wie das Rückversetzen der Scheiben hinter Vordächer oder Auskragungen lässt sich die Entstehung gefährlicher Spiegelungen nicht verhindern. Somit können auch hier für Vögel kritische Situationen entstehen.

Geneigte Glasflächen

Auch an schrägen Glasflächen können gefährliche Spiegelungen entstehen und die Neigung der Scheibe kann die Wucht eines Aufpralls nicht wesentlich verringern. Nur weitgehend waagerechte Scheiben wie Glasdächer oder Oberlichter sind aus Vogelschutzsicht unproblematisch.

Fassadenbegrünungen

Fassadenbegrünungen vor Glasflächen können nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen als wirksame Massnahme gegen Vogelkollisionen gelten. Der Bewuchs muss dicht genug sein, um ein direktes Durchfliegen zu verhindern, und er muss nahe genug an der Scheibe sein, damit aus dem Bewuchs startende Vögel keine hohe Aufprallgeschwindigkeit erreichen können. Denn auch Fassadenbegrünung vor Glasscheiben ist als Nahrungsquelle, Zu-



Zwar wurden an dieser Glasfassade zum Vogelschutz geprüfte Markierungen verwendet, da jedoch zu grosse Bereiche an jedem Fenster ausgespart wurden, kann es hier weiterhin zu Kollisionen kommen.

flucht, Rast- oder Schlafplatz attraktiv und erhöht die Vogeldichte an diesen prinzipiell gefährlichen Stellen.

Bewegliche Sonnenschutzeinrichtungen

Aussenjalousien, Lamellen oder Markisen sind keine ausreichenden Vogelschutzmassnahmen. Zwar bedecken sie im ausgefahrenen Zustand die dahinter lie-



Die Spiegelungen an dieser schrägen Glasfront eines Schulgebäudes sind ebenso klar wie an einer senkrechten Scheibe und bergen somit ein hohes Kollisionsrisiko.



Im heruntergelassenen Zustand können Aussenjalousien vor Kollisionen schützen. Als dauerhafte Lösung eignen sie sich jedoch nicht, da diese Massnahme nutzerabhängig ist.

genden Scheiben vollständig, allerdings ist das immer nur zeitweise der Fall. In der verbleibenden Zeit stellen diese Glasflächen ein unvermindert hohes Anprallrisiko dar. Das Herunterlassen beweglicher Sonnenschutz-einrichtungen kann lediglich als einfache und schnelle Sofortmassnahme dienen, wenn Vogelanprall erstmalig festgestellt wird, eignet sich jedoch nicht als dauerhafte Lösung. Helle Innenjalousien oder Vorhänge hinter den Scheiben können tagsüber zwar die Spiegelung reduzieren, einen effektiven Vogelschutz bietet dies aber ebenfalls nicht.

Insektengitter

Ob Insektengitter ein Fenster als Hindernis kenntlich machen können, hängt stark von den Lichtverhältnissen ab. Als effektiver Schutz gegen Vogelanprall sind sie daher nicht zu empfehlen.

Seltenere Scheibenreinigung

Alltagsschmutz auf Glasscheiben führt in aller Regel nicht zur hinreichenden Reduzierung von Vogelkollisionen. Kollisionsspuren sind an ungepflegten Glasflächen oftmals besonders gut zu erkennen. Frisch gereinigte Scheiben weisen allerdings ein besonders hohes Kollisionsrisiko auf. Allein aus diesem Grund empfiehlt sich das Putzen der Scheiben vor allem zu Zeiten geringer Vogelaktivität und in grossen Zeitabständen.

Sonnenschutzfolien

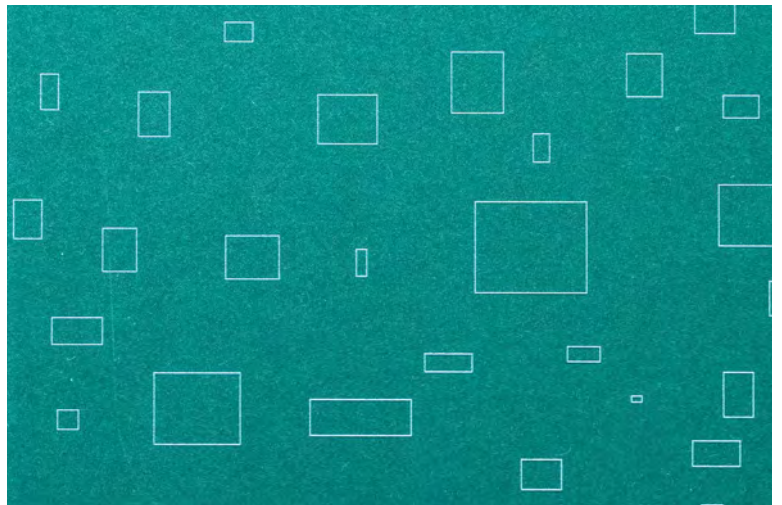
Sonnenschutzfolien können die Aussenreflexion der Scheibe erhöhen, wodurch sehr deutliche Spiegelbilder entstehen. Damit wird die Gefahr für Vögel durch Spiegelungen sogar noch erhöht. Aus Vogelschutzsicht sind derartige Sonnenschutzfolien somit nur in Verbindung mit wirksamen Markierungen akzeptabel.

Getöntes oder farbiges Glas

Auch getöntes oder farbiges Glas kann stark spiegelnd wirken. Die farbliche Verfremdung der Spiegelung spielt dabei für die Vögel offenbar keine entscheidende Rolle. Selbst in Situationen mit Durchsicht stellen getönte Gläser keinen sicheren Schutz dar.

Akustische Abwehrmassnahmen

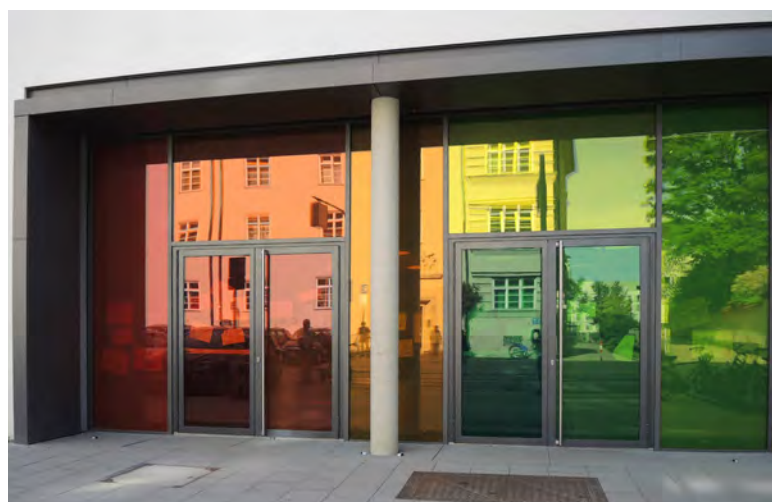
Das Abspielen von Angstschreien bzw. Warnrufen, von Reviergesang oder das Aussenden unspezifischer Schall-druckwellen sind keine geeignete Lösung zur Vertreibung von Vögeln und Verhinderung von Vogelkollisionen. Zudem stört eine andauernde Beschallung die Nachbarschaft und Personen, die an solchen Anlagen vorbeigehen. Für Menschen nicht wahrnehmbarer Ultraschall hat auch auf Vögel keinen Einfluss, da Vögel etwa im selben Frequenzbereich wie wir Menschen hören.



Mit Lasertechnik auf oder in den Scheiben aufgebrachte Muster sind in der Regel zu fein. Sie werden von Vögeln nicht rechtzeitig wahrgenommen.



Spiegelnde Sonnenschutzfolien erzeugen realistische Spiegelbilder: Vögel nehmen diese Fenster als Durchflugsopion wahr.



Auch auf farbigen Gläsern entstehen deutliche Spiegelungen, die für Vögel attraktiv sein können.

5 Lichtverschmutzung – Umwelt- auswirkungen künstlicher Beleuchtung

Künstliches Licht kann zahlreiche Organismen einschliesslich des Menschen beeinträchtigen. Hier werden einige der Auswirkungen auf Vögel, Fledermäuse und Insekten näher betrachtet und lichttechnische Massnahmen zur Reduzierung der Beeinträchtigung von Tierwelt und Menschen angeführt.



Leuchttürme an den europäischen Küsten zeigten seit jeher, dass künstliches Licht für Zugvögel zur tödlichen Gefahr werden kann. Die Gefahren im Binnenland rücken erst jüngst stärker ins Bewusstsein.

Vögel

Seit Jahrhunderten ist das Phänomen bekannt, dass sich Zugvögel von starken Lichtquellen anlocken lassen. Gerade an den Küsten oder auf dem Meer sind dramatische Anflüge desorientierter Zugvögel an Leuchttürmen, beleuchteten Windrädern, Ölplattformen oder Schiffen beobachtet worden.

Im Binnenland sind derartige Phänomene vor allem aus Nordamerika beschrieben, wo es teilweise Massenanflüge an beleuchteten Hochhäusern, Sendemasten und anderen Bauwerken gibt. Zugvögel können durch beleuchtete Hochhäuser oder andere exponierte Lichtquellen von ihrem Flugweg abgebracht werden. Die Vögel fliegen auf die Lichtquelle zu, umkreisen sie desorientiert oder stossen mit ihr oder anderen Hindernissen zusammen. In Mitteleuropa wurde dieses Verhalten der Zugvögel im Lichtkegel von Scheinwerfern mittels Radar bestätigt: Tod, Stress oder Energieverlust sind die möglichen Folgen.

Zum Effekt beleuchteter Bauwerke in Mitteleuropa gibt es weitere Erkenntnisse: Am genauesten wurde der 163 m hohe Post Tower in Bonn untersucht. Dort waren es vor allem die auffällige Fassadenbeleuchtung und die angestrahlten Firmenlogos auf dem Dach, die ab den späten Abendstunden Kollisionen verursachten. Zum anderen gab es an diesem Hochhaus durch die gesamte Nacht hindurch sogar bei abgeschalteter Fassadenbeleuchtung Anflüge



Anlässlich der alljährlichen Gedenkfeiern zum 11. September verirrten sich an sieben Tagen in sieben Jahren mehr als eine Million Zugvögel in den Lichtkegeln des New Yorker «Tribute in Light». Die Strahler werden abhängig von der Vogelaktivität zeitweise ausgeschaltet.



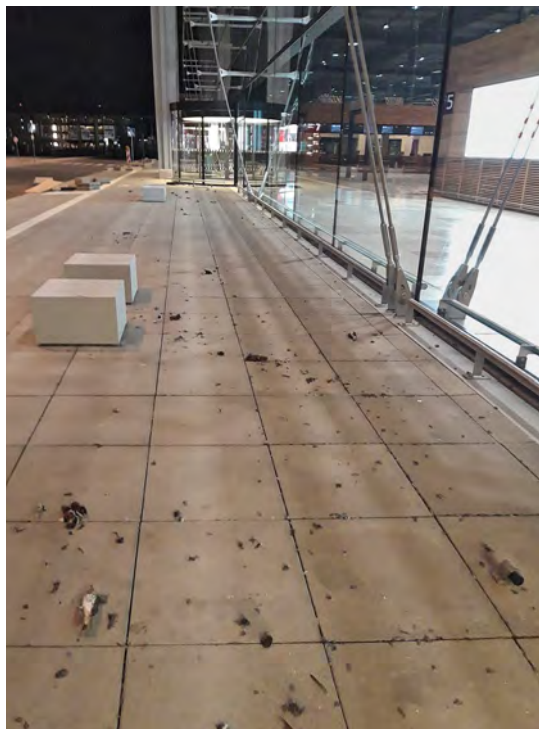
Effektbeleuchtung hinter der äusseren Glasfassade und angestrahlte Firmenlogos auf dem Dach locken am Bonner Post Tower Zugvögel ins Verderben. Solche exponiert leuchtenden Werbeflächen, Baukräne, Flugsicherheitsbeleuchtung und andere Lichtquellen in grösserer Höhe befinden sich in der Flugbahn von Zugvögeln und besitzen ein bisher oft verkanntes Gefahrenpotenzial.

der Vögel zur schwach wirkenden nächtlichen Notbeleuchtung der Gänge, wobei die Vögel dann ebenfalls gegen die davorliegenden Glasscheiben prallten. Die Masse der Vögel waren Zugvögel, allen voran Sommergoldhähnchen.

In Hamburg wurden durch tägliche Kadaversuche im Herbst 2020 an drei Gebäudekomplexen mit 23 m bis 90 m hohen Fassaden zahlreiche Kollisionsoffer ermittelt, zu 77 % Nachtzieher, allen voran Rotkehlchen und Singdrosseln. Zwar blieb unklar, in welchen Höhen die Vögel gegen die Fassaden flogen, doch zeigte sich, dass mehr Vögel gegen stärker beleuchtete Fassaden prallten.

In Berlin wurden rund um den Hauptbahnhof ebenfalls im Jahr 2020 vier bis zu 42 m hohe Gebäude auf Vogelkollisionen untersucht. Durch nächtliche direkte Beobachtung konnte – wie am Post Tower – mehrfach festgestellt werden, dass Zugvögel (ebenfalls Rotkehlchen und Singdrosseln) in der zweiten Nachthälfte selbst auf Bodenniveau zur jeweils hellsten Beleuchtung flogen und gegen die Glasfassade prallten. Zugvögel sind somit auch dann noch lichtaffin, wenn sie nach nächtlichem Zug gelandet sind.

Es ist nach diesen Befunden ausserdem davon auszugehen, dass nachts hellere Lichtquellen auch in ei-



Dutzende Singdrosseln kollidierten in einer Zugnacht am hell erleuchteten Terminal des Flughafens Berlin Brandenburg.

Fallbeispiel Grosser Abendsegler

Am Beispiel des Grossen Abendseglers ist der Einfluss künstlicher Beleuchtung auf Fledermäuse gut zu erkennen. Forschende des Leibniz-Instituts für Zoo- und Wildtierforschung haben im Jahr 2019 Grosse Abendsegler mit Mini-GPS-Sendern ausgestattet und ihre Flugbahnen am Himmel über Berlin aufgezeichnet. Es hat sich gezeigt, dass Abendsegler dunkle Gebiete in der Stadt bevorzugen und hell erleuchtete, bebaute Flächen meiden. Dunkle Korridore wie Stadtförste, Parks oder Wasserläufe sind von grosser Bedeutung, um Nahrungsgebiete und Schlafplätze zu erreichen. Einige andere Fledermausarten reagieren sogar noch sensibler auf künstliches Licht.

ner bereits diffus aufgehellten Umgebung verstärkt Zugvögel anlocken können. Dazu braucht es nicht notwendigerweise höhere Gebäude oder Bauwerke. Beobachtungen zahlreicher nächtlicher Anflüge und Kollisionen liegen auch von wenige Stockwerke hohen Funktionsbauten und Wohngebäuden innerhalb städtischer Lichtglocken vor, ebenso von kleinen, in dunkler Umgebung gelegenen isolierten Hütten. Dies zeigt, dass es letztlich auf die Exposition der Lichtquellen in Bezug auf die sich ihnen nähernden Vögel ankommt. Auch wenn mit grösserer Höhe einer Lichtquelle in der Regel auch ihre Exposition und damit ihre Gefährlichkeit für Zugvögel zunimmt, ist eine grosse Höhe dafür keine notwendige Voraussetzung.

Die Kernzeiten des Vogelzuges sind in Mitteleuropa regional von Nordost nach Südwest etwas verschoben und dauern grundsätzlich von Anfang Februar bis Ende Mai und von Mitte Juli bis Ende November. Abweichungen davon sind durch die Wetterlage be-

dingt möglich. Zugvögel können also fast rund ums Jahr an künstlichen Lichtquellen verunglücken. Am meisten tritt dies aber in den Herbstmonaten Oktober und November auf, da zu dieser Zeit die Zugvolumina maximal sind, durch häufigen Gegenwind der Vogelzug oft niedriger verläuft und kritische Wetterlagen mit aufkommenden Wolken und Nebel häufiger sind.

Fledermäuse

Fledermäuse meiden die Helligkeit, weil sie sonst leicht von Beutegreifern wie Greifvögeln und Eulen gesehen werden können. Besonders problematisch ist das Beleuchten der Ausflugsöffnungen von Fledermausquartieren, wie sie beispielsweise in Kirchendachstühlen zu finden sind. Dies erschwert den Tieren den Ausflug aus den Quartieren und verringert damit die Zeit der aktiven Nahrungssuche, was wiederum den Fortpflanzungserfolg vermindern kann. Mitunter geben Fledermäuse ihre Quartiere nach einer



Angestrahlte Kirchendachstühle erschweren Fledermäusen den Ausflug. Die Beleuchtung von Vegetation und Uferbereichen an Gewässern ist auch für Fische und Insekten ein Problem.

Beleuchtungsinstallation auf. Im Extremfall verdursten oder verhungern die Tiere vor Ort.

Bei der Nahrungssuche oder bei Ortswechsel reagieren verschiedene Fledermausarten unterschiedlich auf Licht. Selbst wenn sich dort mehr Insektennahrung befindet, meiden viele Fledermäuse beleuchtete Bereiche. So können für sie schon einzelne Strassenzüge zu unüberwindlichen Barrieren werden. Grossräumige Auswirkungen haben Lichtquellen an Leitlinien, an denen sich Fledermäuse auf ihrem Zug orientieren. Die Beleuchtung von Brücken oder Uferbereichen an Gewässern ist allein aus diesem Grund besonders kritisch zu sehen, sollte aber auch zum Schutz anderer gewässerbewohnender Tierarten vermieden werden.

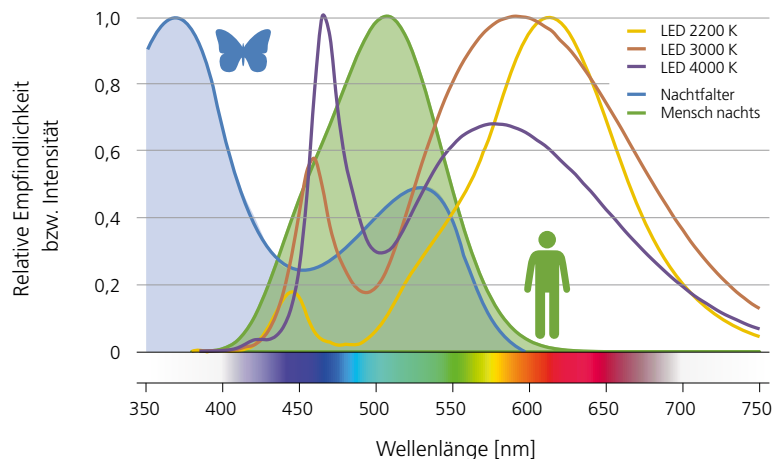
Insekten

Das Licht von Mond und Sternen spielt neben Duftstoffen eine bedeutende Rolle für die Orientierung nachtaktiver Fluginsekten und bestimmt auch wichtige Schritte ihres Entwicklungszyklus. Vor allem die ultraviolette Strahlung und die kurzwelligen Anteile des auch für uns Menschen sichtbaren Lichts (violett, blau bis grün) sind für sie attraktiv, weil die Augen vieler Insekten in diesem Bereich besonders empfindlich sind. Vielfach werden Insekten von den Lichtquellen angezogen und gehen ihren Lebensräumen verloren. Sie verbrennen, sterben bereits beim Anprall oder danach an Erschöpfung. Wenn sie sich auf angestrahlten Fassaden oder der Strasse niederlassen, werden sie oftmals Opfer von Fressfeinden oder des Verkehrs. Von den über 4000 Schmetterlingsarten Mitteleuropas sind nicht weniger als 85 % nachtaktive. Künstliche Beleuchtung, Lebensraumveränderungen und die Wirkung von Pestiziden haben die Bestände vieler Nachtfalterarten, aber auch anderer Insekten, drastisch reduziert und etliche Arten an den Rand des Aussterbens gebracht.

Dabei haben Insekten unverzichtbar wichtige Funktionen, etwa als Glieder der Nahrungskette und als Bestäuber von Blütenpflanzen – auch solchen, von denen wir uns ernähren. Die schädlichen Auswirkungen künstlicher Beleuchtung auf zahlreiche Tierarten, aber auch den Menschen, lassen sich mit lichttechnischen und betrieblichen Massnahmen minimieren.

Fallbeispiel Reduktion der Insektenbiomasse

2017 erregte die Veröffentlichung einer Langzeitstudie Aufsehen in der Öffentlichkeit. Seit 1989 haben Insektenkundler die Entwicklung von Insektenbeständen in insgesamt 63 Gebieten von Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Brandenburg untersucht und dokumentiert. Sie stellten fest, dass in 27 Jahren die Gesamtmasse der Fluginsekten um mehr als 75 % abgenommen hat. Allein an den Strassenleuchten Deutschlands sollen jedes Jahr 150 Milliarden (= 150 000 000 000) Insekten «umkommen».



Je näher die Emissionen der LEDs am Maximum der Empfindlichkeit des Nachtfalterauges liegen, desto attraktiver wird die Lichtquelle für diese Insekten. Das Auge des Menschen ist nachts bei ca. 500 nm am empfindlichsten. Credits: A. Hänel (modifiziert)

Lichtplanung

Künstliches Licht soll den Menschen das Gefühl von Sicherheit vermitteln und das gesellschaftliche Leben im öffentlichen Raum auch in den Abend- und Nachtstunden ermöglichen. Licht beeinflusst aber auch unsere Umwelt, denn Lichtimmissionen haben vielfältige negative Auswirkungen auf Tiere, Pflanzen und nicht zuletzt den Menschen. Die Kunst der Lichtplaner besteht zu einem grossen Teil darin, mit wenigen Lichtpunkten in geringer Höhe eine gleichmässige Ausleuchtung ohne Blendung der Nutzer zu erreichen. Grelle Lichtinseln in einer dunklen Umgebung sind auch für Menschen äusserst unangenehm und mitunter gefährlich, weil sich das Auge ständig an unterschiedliche Lichtverhältnisse adaptieren muss.

Eine ökologische Neuorientierung der Lichtplanung ist dringend erforderlich. Die Erhellung der Nachtlandschaft nimmt global um 2 % bis 6 % jährlich zu. Bei jeder neuen Aussenbeleuchtung und bei jeder Adaptierung bestehender Anlagen muss daher die Notwendigkeit der Massnahme kritisch hinterfragt werden. Effektbeleuchtungen von Bauwerken sollten deshalb die Ausnahme sein. Naturobjekte wie Bäume und andere Pflanzen, Gewässer oder Felsformationen sollten überhaupt nicht angestrahlt werden. Denn grundsätzlich gilt: Verträglich für wildlebende nachtaktive Organismen ist eine Leuchte am ehesten dann, wenn sie ausgeschaltet ist.

Leuchten

Aus Sicht des Umwelt- und Naturschutzes werden sogenannte «Full-Cut-Off-Leuchten» empfohlen, die korrekt installiert kein Licht über die Horizontale abstrahlen. Bei einer geringeren Höhe der Leuchtenmasten sind zwar zusätzliche Lichtpunkte notwendig, um die gleiche Ausleuchtung einer Fläche zu erreichen, Streulicht und Blendung werden dadurch aber weiter reduziert. Anstrahlungen sollen von oben nach un-



Beim Park im Vordergrund sind nur die Wege zu sehen, die Leuchten strahlen ausschliesslich nach unten. Im Hintergrund erhellen zahlreiche Lichtquellen auch den nächtlichen Himmel und tragen so zur Lichtverschmutzung bei.

Fallbeispiel Lichtverschmutzung in Wien

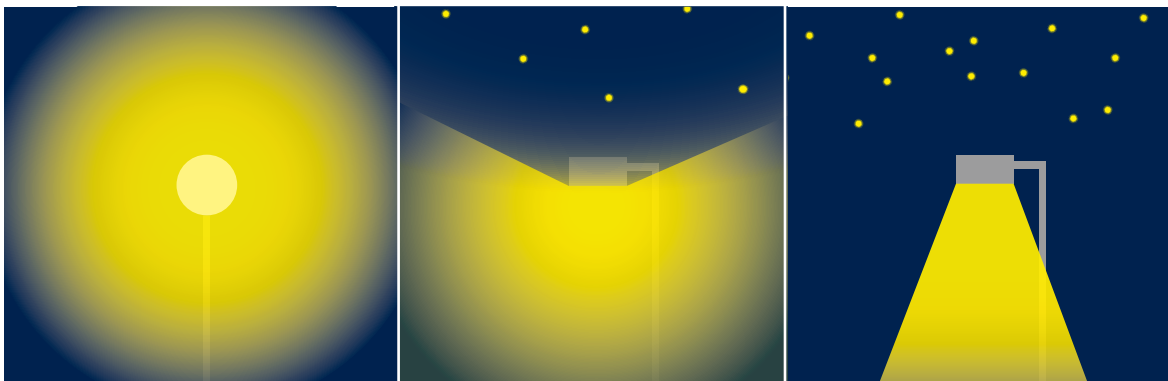
Eine Untersuchung der Wiener Umweltschutzbehörde hat gezeigt, dass in Wien 2011 zwei Drittel der Lichtverschmutzung von Schaufensterbeleuchtungen, Anstrahlungen und anderen Effektbeleuchtungen und nur ein Drittel von der öffentlichen Beleuchtung verursacht wurden, obwohl letztere zwei Drittel der Lichtpunkte betreibt. Eine moderne Strassenbeleuchtung ist demnach nur für einen relativ geringen Teil des schädlichen Lichts verantwortlich.

ten gerichtet sein. Auch durch eine Begrenzung des Lichtkegels auf das zu beleuchtende Objekt wird die Lichtverschmutzung reduziert. Zum Schutz von Insekten haben sich abgeschirmte Leuchten mit geschlossenem Gehäuse und einer Oberflächentemperatur unter 60 °C bewährt. Zertifikate für umweltfreundliche Leuchten werden von der International Dark Sky Association vergeben (darksky.org/our-work/lighting/lighting-for-industry/fsa/).

Leuchtmittel

Für die Farbqualität der Beleuchtung sind die in den Leuchten eingesetzten Leuchtmittel verantwortlich. Licht mit gleicher Farbtemperatur kann unterschiedliche spektrale Zusammensetzung aufweisen. Daher kann man allein aus der in Kelvin angegebenen Farbtemperatur eines Leuchtmittels nicht auf den vor allem

für Insekten problematischen kurzwelligen Anteil des Emissionsspektrums schliessen. Den Markt dominieren heute auch für die Aussenbeleuchtung Leuchtdioden (LEDs). Ihre geringeren Energiekosten dürfen aber nicht pauschal mit Umweltfreundlichkeit gleichgesetzt werden, denn auch sie können zur Lichtverschmutzung beitragen und wildlebende Organismen beeinträchtigen. Wenn etwa in durchgrünerten Siedlungsgebieten beleuchtet werden muss, sollten deshalb Amber-LEDs mit gelblichem Licht verwendet werden (Farbtemperatur ca. 1800–2200 Kelvin). Müssen ausnahmsweise Wege in Grünflächen beleuchtet werden, sind schmalbandige Amber-LEDs das Mittel der Wahl. Kommt es auf gute Farberkennung an, können in bebauten Bereichen auch LEDs mit warmweisser Farbtemperatur (maximal 2700 Kelvin) gewählt werden. Kaltweisses Licht sollte wegen der hohen Blauanteile keine Verwendung mehr finden. Da es sich bei LEDs um nahezu punktförmige Lichtquellen handelt, ist besonders auf die Vermeidung von Blendwirkungen zu achten. Hohe Qualität und gute Abschirmung sind bei LED-Leuchten von besonderer Bedeutung. LED-Leuchten sind gut steuerbar. Über bedarfsgerechten Betrieb mittels Bewegungssensoren oder Dimmung besteht die Möglichkeit, Energie zu sparen, wildlebende Organismen weniger zu beeinträchtigen und die Lichtverschmutzung insgesamt zu reduzieren. Gleichzeitig ist immer zu beachten, dass nicht durch einen vermehrten Einsatz von Lichtquellen die Energieeinsparung zunichtegemacht wird. Um Insektenfallen zu verhindern, ist beim Tausch



Kugelleuchte

Standardleuchte

Full-Cut-Off-Leuchte

Kugelleuchten strahlen in alle Richtungen Licht in gleicher Intensität aus. Nachtaktive Insekten werden dadurch besonders stark angezogen und die Sterne werden überstrahlt. Die Standardleuchte ist zwar nach oben abgeschirmt, sie sendet ihr Licht aber seitlich immer noch weit ins Umland ab. Nach Umweltgesichtspunkten gestaltete Leuchten strahlen ihr Licht nur nach unten und nicht über die Horizontale ab. Dadurch wird die Lichtausbeute und -verteilung optimiert («Full-Cut-Off-Leuchten»). Credits: Büro Brauner (modifiziert)

insektenfreundlicher Natrium-Hochdruckdampf lampen gegen LED-Leuchten besonders darauf zu achten, dass diese ein Emissionsspektrum mit geringem oder ohne Blauanteil aufweisen (unter 2700, möglichst jedoch unter 2200 Kelvin).

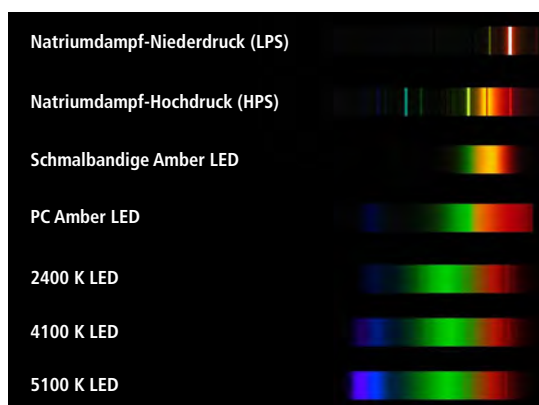
Betriebliche Massnahmen

Bei künstlichem Licht im Aussenraum ist grundsätzlich zu beachten, dass es nur dort eingesetzt wird, wo es notwendig ist, nur in der erforderlichen Intensität und nur im erforderlichen Zeitraum. An weniger frequentierten Orten ist die Installation von Bewegungsmeldern, Zeitschaltuhren und Dimmern eine Option. Die Justierung von Leuchten ist periodisch zu überprüfen.

Auch nach aussen abstrahlende Innenraumbeleuchtung kann zur Lichtverschmutzung beitragen, wenn

nicht entsprechende Gegenmassnahmen getroffen werden. In der Dämmerung automatisch ausgefahrene Jalousien, die morgens manuell hochgefahren werden, bringen ebenso Abhilfe wie lichtdichte Vorhänge und ein von den Betriebszeiten abhängiges Lichtmanagement.

Rastende Zugvögel können in ihrem Tag-Nacht-Rhythmus gestört werden; exponierte Lichtquellen lenken ziehende Vögel von ihrer Route ab und locken sie mitunter an, so dass sie gegen Scheiben oder andere Hindernisse prallen. Zumindest für die Zeit des Vogelzuges empfehlen wir insbesondere für topografisch exponierte Gebäude, wie an Küsten, Binnengewässern oder auf Passübergängen, aber auch für weithin sichtbare Hochhäuser vorbeugende Massnahmen. Sicherheitstechnisch nicht erforderliche Beleuchtungen können gänzlich oder zumindest zwischen 22 Uhr und Sonnenaufgang abgeschaltet werden. Ebenfalls sollten Jalousien bei Einbruch der Dunkelheit geschlossen werden. Bei der Flugsicherheit dienenden Signal- leuchten an hohen Bauwerken ist einer Befeuerung mit langen Dunkel- und möglichst kurzen Hellphasen gegenüber rotierenden und vor allem konstant leuchtenden Lichtquellen der Vorzug zu geben. Blitzendes Licht ist aus Vogelschutzsicht günstiger als blinkendes.



Lichtspektren unterschiedlicher Leuchtmittel, Natriumdampf-Niederdruck (LPS), Natriumdampf-Hochdruck (HPS) und LEDs mit unterschiedlichen Farbtemperaturen. Abbildungen der Spektren von Flagstaff Darksky Coalition (<http://www.flagstaffdarkskies.org/for-works/lamp-spectrum-light-pollution>).

Fallbeispiel Jungfrauojoch

Als Extremfall einer Effektbeleuchtung sei das Jungfrauojoch, ein auf 3471 m gelegener Alpenübergang im Berner Oberland, erwähnt. Dort hat sich das Ausschalten der Anstrahlung des Observatoriums, der sogenannten «Sphinx», in Nebelnächten sehr bewährt. Diese einfache Massnahme hat seither unzähligen Zugvögeln das Leben gerettet.

6 Auf einen Blick

6.1 Merkpunkte

Problematische Glasflächen vermeiden

- keine freistehenden transparenten Scheiben
 - keine hochgradig spiegelnden Glas- oder Metallelemente
 - keine Eckverglasung oder grosse gegenüberliegende Scheiben mit Durchsichten (oft z.B. bei Treppenhäusern, Verbindungsgängen, Autohäusern)
 - Verwendung von transluzentem Glas, Profilglas, Glasbausteinen oder undurchsichtigen Materialien (z.B. Metallgeländer)
 - Verwendung von Fassadenverkleidung aus fest installierten Lamellen, Holzlattungen oder Metallgittern
-

Unvermeidbare Glasflächen wirksam markieren

- Verwendung von geprüften «hoch wirksamen» Markierungen
 - bei freistehenden Glaswänden Markierungen auf beliebiger Seite
 - wenn Spiegelungen auftreten, Markierungen grundsätzlich an der Aussenseite der Scheibe (Ausnahmen entsprechend den Prüfberichten zu den als «hoch wirksam» getesteten Produkten)
 - Markierungen müssen sich kontrastreich vor dem Hintergrund abheben (bewährt haben sich Schwarz, Weiss, Orange, Rot und Silbermetallisch)
 - bei geringer Kontrastwirkung (z.B. semitransparente Folien) liegt der erforderliche Deckungsgrad bei 20 % bis 25 %
 - Kriterien für hoch wirksame Markierungen, bei maximalem Kontrast:
 - horizontale Linien: mind. 3 mm breit, bei 50 mm Kantenabstand
 - vertikale Linien: mind. 5 mm breit, bei 100 mm Kantenabstand
 - schwarze Punkte: mind. 10 mm Durchmesser, im 90 mm-Raster
 - metallisch-reflektierende Punkte: mind. 9 mm Durchmesser, im 90 mm-Raster
 - die Markierung muss sich über die gesamte Glasfläche erstrecken
 - nur geprüfte Markierungen gewährleisten hoch wirksamen Vogelschutz!
-

Beeinträchtigungen durch künstliche Beleuchtung reduzieren

- nur dort, wo sie notwendig ist
 - nur in der erforderlichen Intensität
 - nur in dem Zeitraum, in dem sie benötigt wird
 - keine Anstrahlung von Naturobjekten
 - Anstrahlungen von Bauwerken möglichst vermeiden, zumindest saisonal und zeitlich begrenzen und Lichtkegel gezielt auf das zu beleuchtende Objekt ausrichten
 - vorzugsweise Beleuchtung von oben
 - abgeschirmte Leuchten mit geschlossenem Gehäuse verwenden
 - Oberflächentemperatur unter 60 °C
 - aus Gründen des Insektenschutzes kurzwellige Anteile im abgestrahlten Spektralbereich minimieren und in naturnahen Bereichen gänzlich darauf verzichten
 - Gebäude mit Ausflugsöffnungen von Fledermausquartieren dürfen nicht beleuchtet werden
 - Lichtemissionen aus dem Gebäudeinneren vermeiden
-

6.2 Gefährliche Glasflächen

An welchen Gebäudeteilen ist die Kollisionsgefahr für Vögel erhöht? Transparente Glasflächen, welche eine freie Flugbahn suggerieren, und von Scheiben gespiegelte Lebensräume verursachen Vogelkollisionen mit Glas. Die folgende Darstellung zeigt Problemstellen bei verschiedenen Gebäudebereichen.





1 Zaun

Transparente Glaselemente sind freistehend für Vögel besonders gefährlich.



2 Eckverglasung

Gebäudeecken aus Glas täuschen einen freien Durchflug vor.



3 Balkonbrüstung

Transparente Absturzsicherungen können oft von Vögeln nicht erkannt werden.



4 Grosse Fenster

Grosse Glasflächen erhöhen das durch Spiegelungen erzeugte Kollisionsrisiko deutlich.



5 Fahrradunterstand

Unterstände aus durchsichtigem Glas stellen ein gefährliches Hindernis dar.



6 Wintergarten

Vögel, in Gärten meist gern gesehen, treffen hier auf eine tödliche Falle.



7 Lärmschutzwand

Unzureichend markierte gläserne Lärmschutzwände sind für Vögel extrem gefährlich.



8 Wartehäuschen

Auch Wartehäuschen sind ohne hoch wirksame Markierungen sehr gefährlich.



9 Glasfassade

Grössere Glasfassaden erzeugen grössere Spiegelungen und stärkere Gefahren für Vögel.



10 Absturzsicherung

Sie soll Sicherheit bringen, ist aber für Vögel selbst auf Dächern eine tödliche Gefahr.



11 Verbindungsgang/Passerelle

Für Vögel unsichtbares Glas stellt bei Durchgängen ein gefährliches Hindernis auf dem Flugweg dar.



12 Bandfassade/Fensterbänder

Im Vergleich zu Lochfassaden sind die Spiegelungen grossflächiger und dadurch problematischer.

6.3 Vogelfreundliche Lösungen

Viele klassische Vogelfallen lassen sich durch alternative Materialien vermeiden. Wenn dennoch mit transparentem oder spiegelndem Glas gebaut wird, müssen die potenziell gefährlichen Scheiben mit Vogelschutzmarkierungen versehen werden, um Kollisionen so weit wie möglich zu reduzieren. Es gibt dafür zahlreiche Möglichkeiten, die die Nutzerqualitäten nicht nennenswert beeinträchtigen.





1 Zaun

Zur Gestaltung von Grundstücksbegrenzungen stehen zahlreiche vogelfreundliche Alternativen zur Verfügung.



2 Eckverglasung

Transparente Gebäudeecken können durch Markierungen für Vögel sichtbar gemacht werden.



3 Balkonbrüstung

Wie bei Zäunen gibt es auch bei Balkonbrüstungen viele Alternativen zu Glas.



4 Grosse Fenster

Grosse, spiegelnde Flächen können durch Markierungen vogelfreundlich gemacht werden.



5 Fahrradunterstand

Mit transluzentem oder markiertem Glas können Vogelkollisionen verhindert werden.



6 Wintergarten

Hoch wirksame Markierungen sind hier die einzige vogelfreundliche Lösung.



7 Lärmschutzwand

Transparente Lärmschutzwände mit Markierung sollten mittlerweile Standard sein.



8 Wartehäuschen

Wirksame Markierungen und Sicherheitsempfinden lassen sich problemlos vereinbaren.



9 Glasfassade

Wirksamer Vogelschutz muss nicht auf Kosten der Innenraumqualität gehen.



10 Absturzsicherung

Markierte Gebäudebegrenzungen bieten Kollisionsschutz für Vögel.



11 Verbindungsgang/Passerelle

Es gibt verschiedene Varianten vogelfreundlicher Verbindungsgänge.



12 Bandfassade/Fensterbänder

Spiegelnde Fensterbänder müssen markiert oder durch andere Fassadentypen ersetzt werden.

Weiterführende Informationen

Glas

www.vogelglas.vogelwarte.ch
www.wua-wien.at
www.bund-nrw.de/themen/vogelschlag-an-glas
www.lbv.de/ratgeber/lebensraum-haus/gefahren-durch-glas
www.birdlife.ch/de/glas
www.birdsandbuildings.de
www.lfu.bayern.de/natur/vogelschutz/vogelschlag/index.htm
www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/voegel/helfen/01079.html
www.abcbirds.org/glass-collisions
www.birdsafe.ca
www.nycaudubon.org/our-work/conservation/project-safe-flight/bird-friendly-building-design

Licht

www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/elektrosmog/fachinformationen/lichtemissionen-lichtverschmutzung-.html
www.helldunkel.ch
www.hellenot.org
www.lichtverschmutzung.de
www.darksky.org
www.flap.org
www.wua-wien.at

Weiterführende Links

www.vogelwarte.ch/de/home
www.wua-wien.at
www.bund.net
www.lbv.de
www.birdlife.ch
www.lipu.it
www.lpo.fr
www.bfn.de
www.vogelschutzwarten.de
www.darksky.ch/dss/de
www.ornitologia.org/ca
www.seo.org

Kontaktadressen für fachliche Beratungen

Die nachfolgenden Fachstellen sind im Rahmen ihrer Möglichkeiten gerne bereit, für ihre Zuständigkeitsgebiete fachliche Beratungen durchzuführen. Sie benötigen dazu Baupläne, Visualisierungen und/oder Bilder bestehender Gebäude (inkl. Umgebung). Auf Plänen sind die Gläser in jedem Fall gut kenntlich zu markieren.

Deutschland

BIRDS AND BUILDINGS
Forsterstr.40, 10999 Berlin
Tel. 030/81797807, hello@birdsandbuildings.de

Baden-Württemberg

Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), Abt. 2:
Nachhaltigkeit und Naturschutz, Staatliche Vogelschutzwarte,
Griesbachstrasse 1, 76185 Karlsruhe
Tel.: 0721/5600-1423, poststelle@lubw.bwl.de

Bayern

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Staatliche Vogelschutzwarte,
Gsteigstrasse 43, 82467 Garmisch-Partenkirchen
Tel.: 0821/94301-11, poststelle@lfu.bayern.de

Berlin

Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz,
Am Köllnischen Park 3, 10179 Berlin
Tel.: 030/9025-1522/-1036, juliane.bauer@senumvk.berlin.de,
klemens.steiof@senumvk.berlin.de

Brandenburg

Landesamt für Umwelt, Staatliche Vogelschutzwarte,
Buckower Dorfstrasse 34, 14715 Nennhausen OT Buckow
Tel.: 033878/90380, vogelschutzwarte@lfu.brandenburg.de

Bremen

Die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung
und Wohnungsbau, Referat 31: Naturschutz und Landschaftspflege,
Contrescarpe 72, 28195 Bremen
Tel.: 0421/361-6660, naturschutz@umwelt.bremen.de

Hamburg

Amt für Naturschutz, Grünplanung und Bodenschutz, Staatliche
Vogelschutzwarte, Neuenfelder Strasse 19, 21109 Hamburg
Tel.: 040/42840-3379, bianca.krebs@bukea.hamburg.de

Hessen

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Dezernat N3:
Staatliche Vogelschutzwarte Hessen, Netanyastrasse 5, 35394 Giessen
Tel.: 0641/20009535, vogelschutzwarte@hlnug.hessen.de

Mecklenburg-Vorpommern

Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-
Vorpommern, Abteilung Naturschutz, Goldberger Strasse 12,
18273 Güstrow
Tel.: 03843/777-201, bernd.heinze@lung.mv-regierung.de

Niedersachsen

Staatliche Vogelschutzwarte Niedersachsen, Niedersächsischer Landesbetrieb
für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWK),
Göttinger Chaussee 76a, 30453 Hannover
Tel.: 0511/3034-3011, markus.nipkow@nlwkn.niedersachsen.de

Nordrhein-Westfalen

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
(LANUV), Vogelschutzwarte, Leibnizstrasse 10, 45659 Recklinghausen
Tel.: 02361/305-3412, peter.herkenrath@lanuv.nrw.de,
michael.joebges@lanuv.nrw.de, bettina.fels@lanuv.nrw.de

Rheinland-Pfalz

Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz, Kompetenzzentrum «Staatliche
Vogelschutzwarte und Artenvielfalt in der Energiewende»,
Kaiser-Friedrich-Strasse 7, 55116 Mainz
Tel.: 06131/6033-1414, vogelschutzwarte@lfu.rlp.de

Saarland

Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz, Fachbereich Natur- und
Artenschutz, Kompetenzzentrum Vogelschutz, Staatliche Vogelschutzwarte,
Don-Bosco-Strasse 1, 66119 Saarbrücken
Tel.: 0681/8500-1152/-1386, c.braunberger@lua.saarland.de,
p.ruschin@lua.saarland.de, lua@lua.saarland.de

Sachsen

Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL),
Sächsische Vogelschutzwarte Neschwitz, Park 2, 02699 Neschwitz
Tel.: 035933/499991, jochen.bellebaum@smekul.sachsen.de,
vogelschutzwarte-neschwitz@smekul.sachsen.de

Sachsen-Anhalt

Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (LAU), Fachgebiet 43: Arten-
und Biotopschutz, Staatliche Vogelschutzwarte, Reideburger Strasse 47,
06116 Halle (Saale)
Tel.: 0345/5704-632, kai.gedeon@lau.mwu.sachsen-anhalt.de

Schleswig-Holstein

Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-
Holstein (LLUR), Staatliche Vogelschutzwarte, Hamburger Chaussee 25,
24220 Flintbek
Tel.: 04347/704-332, jan.kieckbusch@llur.landsh.de

Thüringen

Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (TLUBN),
Staatliche Vogelschutzwarte Seebach, Lindenhof 3,
99998 Mühlhausen OT Seebach
Tel.: 0361/573918-000, vsw.seebach@tlubn.thueringen.de

Österreich

Wiener Umweltschutz, Muthgasse 62, 1190 Wien,
Tel. (+43 1) 379 79, post@wua.wien.gv.at

Schweiz

Schweizerische Vogelwarte, Seerose 1, 6204 Sempach,
Tel. (+41 41) 462 97 00, glas@vogelwarte.ch

BirdLife Schweiz, Postfach, Wiedingstr. 78, 8036 Zürich,
Tel. (+41 44) 457 70 20, glas@birdlife.ch

