Länderarbeitsgemeinschaft

der Vogelschutzwarten

Kontakt
Bayerisches Landesamt für Umwelt
Staatliche Vogelschutzwarte
Gsteigstr. 43, 82467 Garmisch-Partenkirchen
bernd-ulrich.rudolph@lfu.bayern.de

Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin
Sachgebiet Artenschutz
Am Köllnischen Park 3, 10179 Berlin
klemens.steiof@senuvk.berlin.de

Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
Sächsische Vogelschutzwarte
Park 2, 02699 Neschwitz
Jochen.Bellebaum@smul.sachsen.de

Beschluss 21/01 (ersetzt den Beschluss 19/01)
Stand Februar 2021

Vermeidung von Vogelverlusten an Glasscheiben

Bewertung des Vogelschlagrisikos an Glas

Foto auf dem Titelblatt: Turnhallenneubau mit Fahrgastunterstand an der dazugehörigen Bushaltestelle. Die optische Gestaltung der Bauwerke (Markierungen an Glasscheiben, Holz- und Metallverkleidungen an der Fassade) ließen sich i. S. des Vogelschutzes weiter optimieren. Auch das dauerhafte Herablassen der über der unteren Fensterfront installierten Außenjalousien (mit schräg gestellten Lamellen, die einen ausreichenden Lichteinfall ermöglichen) könnte das Gefahrenpotenzial deutlich verringern (S. Jaehne).

Inhalt

Inhalt ... **3**
Vorwort ... **4**
1 Einleitung ... **5**
2 Aktueller Kenntnisstand ... **6**
2.1 Ausmaß von Vogelschlag an Glas ... 6
2.2 Erfassung von Vogelkollisionen ... 10
2.2.1 Wirksame Vermeidungsmaßnahmen ... 13
2.2.2 Markierungen ... 13
2.2.3 Netze, Gitter, Blenden und Jalousien ... 16
2.2.4 Glaseigenschaften ... 17
2.2.5 Unwirksame Maßnahmen ... 17
2.2.6 „Unsichtbare“ UV-Markierungen ... 17
2.2.7 Greifvogelsilhouetten ... 18
3 Einschätzung des Kollisionsrisikos ... **19**
3.1 Schwellenwerte für die Relevanz von Vogelschlag ... 19
3.1.1 Kategorie 1: Einfamilien-, Doppel-, Reihenhäuser ... 20
3.1.2 Kategorie 2: Größere Bauwerke ... 20
3.1.3 Kategorie 3: Freistehende Glas- oder Spiegelwände ... 20
3.2 Einfluss der Gebäude oder Fassadenabschnitte ... 21
3.2.1 Glasflächen, Fassadengestaltung ... 21
3.2.2 Transparente Durchsichten ... 23
3.2.3 Spiegelungen ... 23
3.2.4 Beleuchtung ... 23
3.3 Einfluss der Umgebung ... 25
3.3.1 Urbanität und Versiegelung ... 25
3.3.2 Umgebende Vegetation und Lebensraumqualität ... 25
4 Bewertung von Bauwerken oder Fassadenabschnitten ... **26**
4.1 Checkliste ... 26
4.2 Bewertungsverfahren ... 27
5 Empfehlungen ... **32**
6 Literatur ... **33**
7 Anhang – Beispiele für die Anwendung des Bewertungsschemas (Tab. 5) ... **39**

Vorwort

Glasanflug stellt für Vögel einen bedeutsamen Mortalitätsfaktor dar, dem jährlich über 5 % der bei uns vorkommenden Vögel zum Opfer fallen dürften (LAG VSW 2017). Dabei ist das Wissen über erfolgreiche Vermeidungsmaßnahmen deutlich angewachsen. Dies veranschaulichen insbesondere die von der Schweizerischen Vogelwarte herausgegebenen Broschüre „Vogelfreundliches Bauen mit Glas und Licht“ (SCHMID et al. 2012) und der Katalog wirksamer Markierungen der Wiener Umweltanwaltschaft (RÖSSLER & DOPPLER 2019).

Neben diesen fachlichen Grundlagen liegt ein aktuelles Rechtsgutachten der Universität Münster im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) vor, nach dem die unionsbasierten Vorschriften des bundesdeutschen Artenschutzrechts auch auf die Mortalität von Vögeln durch Glasanflug anzuwenden sind (HUGGINS 2019, HUGGINS & SCHLACKE 2019). Somit haben Planer und Architekten die Möglichkeit und Pflicht, Situationen, in denen es zu vermehrtem Vogelschlag an Gebäuden kommen kann, zu vermeiden.

Aber die verschiedenen Akteure müssen auch in die Lage versetzt werden, diese Bereiche zu erkennen. Die Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung (LANA) hat die Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten (LAG VSW) folgerichtig beauftragt, Schwellenwerte zu ermitteln, ab denen von einem signifikant erhöhten Tötungsrisiko ausgegangen werden muss. Diese Schwellenwerte werden hier für verschiedene Gebäudekategorien vorgelegt. Ferner sollte ein Verfahren entwickelt werden, anhand dessen Bauwerke und Gebäudeteile entsprechend ihrer Vogelschlaggefährlichkeit bewertet werden können. Es sollte für vorhandene, aber auch für geplante Bauten anwendbar sein. Die Staatliche Vogelschutzwarte Bayern hat 2017 dafür einen Auftrag an das Institut für Angewandte Ökosystemforschung GmbH Rostock (BELLEBAUM 2017) vergeben und zusammen mit der LAG VSW eine intensive Fachdiskussion mit Praktikern aus Verwaltung, Verbänden und Fachinstitutionen einschließlich Architekten geführt. Das Ergebnis dieses Prozesses ist die Grundlage für das hier vorgelegte Bewertungsverfahren. Es besteht zum einen aus einer „Checkliste“, die in einer simplen ersten Prüfung aufzeigen soll, ob ein Bauwerk oder Gebäudeteil in Hinblick auf sein Vogelschlagrisiko voraussichtlich unproblematisch oder problematisch sein dürfte. Der andere Teil ist ein differenzierteres Bewertungsschema, das eine genauere Einschätzung des Vogelschlagrisikos an einem Gebäude ermöglicht. Checkliste und Bewertungsschema sollen deutlich machen, ob Vermeidungsmaßnahmen ergriffen werden müssen oder nicht.

Schemata bergen zwar die Gefahr, nicht jedem Einzelfall gerecht zu werden. Gleichwohl besteht die Notwendigkeit, ein einfach handhabbares Bewertungsverfahren für die Planung und den Vollzug zur Einschätzung der Vogelschlaggefahr an Gebäuden und Glaselementen zu entwickeln.

Das vorliegende Papier stellt eine Überarbeitung des Beschlusses 19/01 der LAG VSW vom 14.02.2019 dar.

Augsburg, 15.02.2021

LAG VSW

1 Einleitung

Glas hat als Baustoff und Gestaltungselement in der Architektur in den letzten Jahrzehnten eine immer größere Bedeutung erlangt. Dadurch zählt Vogelschlag an Glasfassaden zusammen mit den Verlusten durch Straßenverkehr, durch Anflüge an Hochspannungsleitungen durch Katzen im Siedlungsraum zu den bedeutendsten menschlich bedingten Todesursachen für Vögel. Brutvögel sind davon genauso betroffen wie Durchzügler und Wintergäste. Die Größenordnung der pro Jahr in Deutschland an Glasscheiben verunglückten Vögel umfasst vermutlich mehr als 100 Millionen Individuen und ist damit so groß, dass sie einen Einfluss auf Vogelpopulationen haben könnte (LAG VSW 2017). Da große Glasflächen aus der modernen Architektur nicht mehr wegzudenken sind, nimmt die Problematik weiter zu.

Vögel haben nicht die Fähigkeit, eine im Freien stehende, durchsichtige Glasscheibe, beispielsweise in Form von Schallschutzwänden, verglasten Gängen oder gläsernen Wartehäuschen, wahrzunehmen – dennoch sind sie mit solchen Hindernissen in ihren Lebensräumen vielfach konfrontiert. Genauso verhält es sich mit spiegelnden Scheiben, in denen ein Vogel häufig Bäume, den Himmel oder Wolken als vermeintliche Ziele, nicht aber ein mögliches Hindernis erkennt.

Nun lassen sich in der menschlich geprägten Umwelt Todesfälle von Tieren nicht vollständig verhindern. Dies betrifft auch die Glasfassaden der meisten Gebäude, an denen Vogelschlag in der Regel unspezifisch, selten und unregelmäßig auftritt. Wenn aber an einem bestimmten Ort ein deutlich höheres Risiko besteht und geschützte Arten regelmäßig oder überdurchschnittlich häufig zu Tode kommen, geht diese Mortalität über das unvermeidbare Maß hinaus. Diese Fassaden lassen sich durch eine Untersuchung („Vogelschlagmonitoring“) ermitteln. Nachfolgend wird genauer definiert, wann das leicht erhöhte, „unvermeidbare“ Mortalitätsrisiko vorliegt, und in welchen Fällen dieses so deutlich erhöht ist, dass Vermeidungsmaßnahmen erforderlich werden.

Der hier vorgelegte Leitfaden soll ferner helfen, eine Einschätzung zu treffen, ob von vorhandenen oder geplanten Bauwerken und Bauelementen eine erhöhte Gefährdung für Vögel ausgehen kann. Er richtet sich damit gleichermaßen an Architekten, Planer und Bauherren sowie Genehmigungsbehörden. Dabei sollen nicht nur an bestehenden Gebäuden, sondern möglichst bereits in der Planungsphase, d. h. vor der Vorhabensrealisierung, offenkundige Risikobereiche erkannt und vermieden werden. Maßnahmen wie die Verringerung der Glasanteile oder die Verbesserung der Wahrnehmbarkeit der Scheiben für Vögel, können ohne große Abstriche an Ästhetik und Funktionalität eingesetzt werden. Gute fachliche Lösungen zur Vermeidung von Vogelkollisionen sind dank der Broschüre „Vogelfreundliches Bauen mit Glas und Licht“ der Schweizerischen Vogelwarte (SCHMID et al. 2012) und der im Flugtunnel im Auftrag der Wiener Umweltanwaltschaft „Geprüften Muster“ (RÖSSLER & DOPPLER 2019) bekannt. Weitere innovative Lösungsansätze werden fortlaufend im Flugtunnel geprüft.

2 Aktueller Kenntnisstand

2.1 Ausmaß von Vogelschlag an Glas

Glasscheiben, die Bäume, Landschaften oder den Himmel spiegeln oder eine freie Durchsicht auf die hinter ihnen liegende Umgebung bieten, kommen in der Natur nicht vor. Demzufolge konnten Vögel keine Anpassungen entwickeln, Glas wahrzunehmen und Kollisionen zu vermeiden. Stattdessen sind viele Arten sehr geschickt darin, in raschem Flug durch dichte Vegetation und Baumkronen zu fliegen. Die deutlichen optischen Kontraste, die Baumstämme, Äste, Zweige und Laubwerk zu den hellen Lücken bilden, helfen ihnen, Kollisionen zu vermeiden. Fensterrahmen oder einzelne Aufkleber auf Scheiben vermitteln dem Vogel dagegen nicht ausreichend, dass die gläsernen Zwischenräume nicht passierbarsind. Dieser „meint“ vielmehr, eine Lücke vor sich zu haben, durch die er fliegen kann. Hinzu kommt, dass Vögel durch die meist seitlich am Kopf liegenden Augen eine Rundumsicht haben und nicht wie wir Menschen ein fokussiertes, stereoskopisches Bild. Sie sehen den vor ihnen liegenden Bereich quasi aus dem Augenwinkel. Bei Fluggeschwindigkeiten von oft 30 bis 60 km/h führt dies dazu, dass wenig Reaktionszeit zum Ausweichen vor einem im letzten Augenblick erkannten Hindernis bleibt.

Abb. 1: Ein Goldammerpärchen verunglückte gleichzeitig an diesem gläsernen Fahrgastunterstand (B.-U. Rudolph).

Vögel können mit nahezu allen Arten von Glasscheiben kollidieren. Vollständig ausschließen lassen sich Kollisionen nicht. Untersuchungen zum Vogelschlag belegen jedoch, dass Vogelkollisionen an verschiedenen Bauwerkstypen und Glasfassaden in sehr unterschiedlichen Umfang auftreten (Tab. 1). Häufig gibt es besonders herausragende Gebäude oder einzelne Bauwerksteile, an denen es wegen bestimmter Fassaden- oder Umgebungseigenschaften zu gehäuften Vogelkollisionen kommt. Hier gibt es oftmals dringenden Handlungsbedarf. Größere

Verwaltungs-, Büro- und Wohngebäude in den USA weisen, wie eine Metastudie mit 23 Einzelarbeiten zeigt, durchschnittlich mehr als 20 Vogelopfer pro Jahr und Gebäude auf, Einfamilien- und Doppelhäuser dagegen im Mittel etwa zwei (Loss et al. 2014a). Die auch aus Mitteleuropa inzwischen vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass diese Zahlen grundsätzlich auch für Deutschland gelten können. Auf dieser Grundlage hat die LAG VSW hochgerechnet, dass in Deutschland jedes Jahr über 100 Mio. Vögel an Glas verunglücken. Dies entspricht über 5 % aller Vögel, die im Jahresverlauf in Deutschland vorkommen (LAG VSW 2017). Damit wird deutlich, dass es sich bei Vogelschlag an Glas um ein relevantes Vogelschutzproblem handelt.

Veröffentlichungen über Vogelkollisionen an Glasscheiben reichen bis in die 1960er Jahre zurück (Löhrl 1962, Zitate in Seewagen & Sheppard 2017). Mit der stärkeren Verwendung von Glas in der Architektur der letzten Jahrzehnte wurde eine wachsende Zahl von Studien über das Ausmaß von Kollisionen publiziert. Dabei wurden unterschiedliche Methoden eingesetzt, und Gebäude unterschiedlicher Höhe und Fassadengestaltung untersucht (Tab. 1).

Drei Viertel der hier ausgewerteten Studien stammen aus Nordamerika, nur knapp ein Viertel aus Deutschland oder der Schweiz. Die Kollisionsraten in Amerika dürften aufgrund ähnlicher Landschafts- und Bebauungstypen grundsätzlich denjenigen in Mitteleuropa entsprechen, auch gibt es hier wie dort Standvögel und Durchzügler. Eine Ausnahme könnten die in Amerika viel häufigeren Hochhäuser sein, die sich mit ihrer Beleuchtung in den Luftraum der nächtlichen Zugvögel erstrecken und so in bestimmten Zugnächten zu Massenkollisionen führen können.

Zugvögel unterliegen auf dem Zug bzw. in ihren Rastgebieten einem verstärkten Kollisionsrisiko. Sie werden offenbar in ihrem Verhalten und ihrer Rastplatzwahl großräumig von beleuchteten Ballungsräumen beeinflusst bzw. angezogen (Mclaren et al. 2018). Mehrere Untersuchungen in Amerika und in Europa fanden höhere Kollisionsraten in der Zugzeit, besonders im Herbst. Sie zeigen einen hohen Anteil an Zugvogelarten unter den Kollisionsopfern, darunter viele Arten die in der Umgebung der untersuchten Gebäude nicht brüten (Hager et al. 2008, Haupt 2009, Wittig et al. 2017, Aymí et al. 2017). Zur Zugzeit sind auch vermehrte Kollisionen an Hochhäusern bzw. Wolkenkratzern v. a. in Toronto und New York dokumentiert und für urbane Zentren in Europa in ähnlicher Weise anzunehmen. Auch für Deutschland (Bonn) sind Kollisionen von Zugvögeln an einem Hochhaus durch viele Totfunde und außerdem durch direkte Beobachtungen belegt (Haupt 2009). Das besondere Kollisionsrisiko von Zugvögeln ist jedoch nicht auf Hochhäuser beschränkt, sondern wurde in mehreren Studien auch an verglasten Bürogebäuden und anderen Bauwerken innerhalb und außerhalb der Stadtzentren festgestellt (z. B. Schlusen & Heimel 2011, Herkenrath et al. 2016). In Berlin verunglückt an verschiedensten Gebäuden jährlich eine Zahl an Waldschnepfen, die ein Vielfaches über dem Brutbestand von 0 – 2 Paaren liegt, nämlich mindestens 10 – 20 Individuen (Steiof in litt.).

Kollisionsverluste betreffen daher nicht nur die örtlichen Brutpopulationen, sondern zu einem bedeutenden Anteil auch die Brutpopulationen anderer Regionen. In Deutschland sind das überwiegend die Brutpopulationen aus Skandinavien und Nordosteuropa; mitteleuropäische Populationen werden aber auch in Südeuropa durch Glas betroffen (Aymí et al. 2017).

Hinzu kommt der Faktor Licht: Offensichtlich locken beleuchtete Hochhäuser, die ihre Umgebung deutlich überragen, Zugvögel in ähnlicher Weise wie Leuchttürme oder beleuchtete Bohrinseln an. Dies geschieht nicht nur bei schlechten Sichtverhältnissen, sondern auch in klaren, windstillen Nächten. Dieser Effekt von Beleuchtung wurde in den meisten ausgewerteten

Studien zum Vogelschlag an Scheiben nicht behandelt, ist aber aus gesonderten Untersuchungen zum Einfluss von Beleuchtung auf den Vogelzug und auf Kollisionsverluste bekannt (BALLASUS et al. 2009, HAUPT 2009, VAN DOREN et al. 2017) und bildete den Anlass für gezielte Minderungsmaßnahmen, wie das „Fatal Light Awareness Program“ in Nordamerika (EVANS-OGDEN 1996, ZINK & ECKLES 2010, FLAP CANADA 2018). Ähnliche Minderungsmaßnahmen wären auch in deutschen Großstädten sinnvoll. So haben Untersuchungen in Hamburg im Jahr 2020 gezeigt, dass die Beleuchtung bei unterschiedlich hohen Gebäuden ein wesentlicher Faktor für den Vogelschlag an Glas ist, da nächtliche Zugvögel einen deutlichen Anteil der Schlagopfer darstellten (JÖDICKE & MITSCHKE 2021). Erfassungen 2020 in der Berliner Innenstadt haben ergeben, dass Zugvögel nachts auch nach dem Landen in Bodennähe von Lichtquellen angelockt werden und dann an Glasfassaden verunglücken können, wenn helle Innenbeleuchtung aus dem Gebäude scheint (K. Steiof in litt.).

Tab. 1: Häufigkeit von Vogelkollisionen mit Glasscheiben an unterschiedlichen Gebäuden und wichtige Einflussgrößen nach bisherigen Untersuchungen (Stand 2017).

Gebäudetyp	Details	Methode	Kollisionsrate	Anteil tot gefunder Vögel	Risikofaktoren	Maßnahmen	Quelle
Mitteleuropa							
Lärmschutzwände	Lärmschutzwand im Außenbereich, Markierungstest	Spuren- und Opfersuche täglich	3,96 pro Jahr und 10 m² im unmarkierten Abschnitt		Transparentes Glas, Gehölze	Markierung mit Streifen	SCHMID & SIERRO (2000)
Hochhäuser ab 12 Stockwerken	Posttower Bonn	tägliche Kontrolle	879 pro Jahr und Gebäude	23 %	Glasflächen, Glasgeländer, Beleuchtung, Skybeamer	verringerte Beleuchtung, Sonnenschutzlamellen	HAUPT (2009)
verschiedene Gebäude	140 Gebäude in Trier	Opfersuche April - Juni	0,008 pro Kontrolle	100 %			ELLE et al. (2013)
Wartehäuschen	118 Wartehäuschen in Trier	Opfersuche April - Juni	0,090 pro Kontrolle	100 %	Transparentes Glas		ELLE et al. (2013)
Bürogebäude		Spuren- und Opfersuche, Zufallsfunde	59 pro Jahr und Gebäude	14 %	große Scheiben in gehölzreicher Umgebung		HERKENRATH et al. (2016)
Wohnhaus	3 Wohnhäuser in Bochum (Altbau)	Spuren- und Opfersuche	1 pro Haus (Februar-September)				BEDNARZ (2016)
Bürogebäude	6 Gewerbebauten in Bochum	Spuren- und Opfersuche	15,3 pro Gebäude (Februar-September)		Glasfläche		BEDNARZ (2016)
Wartehäuschen	14 Haltstellen in Bochum	Spuren- und Opfersuche	2,4 pro Haltestelle (Februar-September)		Transparentes Glas		BEDNARZ (2016)
Gebäude und Glasflächen	zwölf Gebäude / Tiergehege in Grünflächen	Spuren- und Opfersuche	1,67 pro Kontrolle	14 %	Glasflächen, Gehölze	Markierung mit Streifen und Mustern	STEIOF et al. (2017)
Bürogebäude	Großes Gebäude mit 30 m Höhe und 600 m Umfang	Spuren- und Opfersuche	(53,4 pro Monat) 1.549 in knapp 2 Jahren und 5 Monaten		Verspiegelte Scheiben, fast völlig verglast. Angrenzend Parklandschaft		SCHLUSEN & HEIMEL (2011)

Gebäudetyp	Details	Methode	Kollisionsrate	Totfunde	Risikofaktoren	Maßnahmen	Quelle
Südeuropa							
Wohnhaus	15 m hoch	Opfersuche	Mindestens 90 Vögel im Jahr	100 %	Verspiegelte Balkonbrüstungen		Aymí et al. (2017)
Nordamerika							
Wohnhaus	zwei Häuser	Spuren- und Opfersuche, Experiment	54 pro Jahr und Haus	55 %	Fütterungen, Tränken, Futterpflanzen	auswärts geneigte Fenster flächige Markierung mit 5-10 cm Abstand	Klem (1990b)
Bürogebäude	vier Gebäude 4-6stöckig mit Glasfassade	Opfersammlung wöchentlich	29 pro Jahr und Gebäude	100 %			O'Connell (2001)
Bürogebäude	elf Universitätsgebäude		9,5 pro Jahr und Gebäude		Glasfläche (absolut)		Collins & Horn in Seewagen & Sheppard (2017)
Bürogebäude	zwei Uni-Campus-Anlagen	Opfersuche ohne Korrektur	39,4 pro Jahr und Gebäude	100 %			Hager et al. (2008)
Hochhäuser ab 12 Stockwerken		Opfersuche täglich zur Zugzeit	max. >100 pro Jahr und Gebäude	100 %	Glasfläche, Vegetation außen/innen		Gelb & Delacretaz (2009)
verschiedene Gebäude	73 Gebäude Manhattan	Opfersuche täglich	1,3 pro Jahr und ha	82 %	Anteil Glasfläche, Distanz zu Häusern, Vegetationshöhe (Bäume)	Verzicht auf große Glasflächen v.a. nahe an Bäumen	Klem et al. (2009)
Bürogebäude	13 Universitätsgebäude überwiegend < 30 m	einjährige Opfersuche	20,85 pro Jahr und Haus	100 %	Anteil Glasfläche, transparente Durchgänge		Borden et al. (2010)
verschiedene Gebäude		Opfersuche durch Freiwillige	keine Angabe	89 %			Zink & Eckles (2010)
Wohnhaus	1747 Häuser und Wohnungen	Umfrage unter Bewohnern	1,7 pro Jahr und Wohneinheit	38 %	Außenbereich, Fütterungen		Bayne (2012)
verschiedene Gebäude	20 Gebäude	Opfersuche mit Korrektur	2,6 pro Jahr und Haus	100 %	Glasfläche (absolut), Grünflächen		Hager et al. (2013)
Wohnhaus		Review	2,1 pro Jahr und Haus				Loss et al. (2014a)
mittelhohe Gebäude (5-11 Stockwerke)		Review	21,7 pro Jahr und Gebäude				Loss et al. (2014a)
Hochhäuser ab 12 Stockwerken		Review	24,3 pro Jahr und Gebäude				Loss et al. (2014a)
Bürogebäude	sechs Universitätsgebäude	Opfersuche täglich in 3 Zugperioden für 21 Tage	0,23 pro Tag und Gebäude	100 %	Glasfläche (absolut), Anteil Glasfläche, Anteil Wald in 25m Umkreis	Markierung mit Streifen	Ocampo-Peñuela et al. (2014)

Gebäudetyp	Details	Methode	Kollisionsrate	Totfunde	Risikofaktoren	Maßnahmen	Quelle
Wohnhaus	ein Gebäude mit und ohne Fütterung	Opfersuche	0,51 pro Monat und Haus	39 %			KUMMER & BAYNE (2015)
Wohnhaus	42 Häuser an Lake Superior	Opfersuche mit Korrektur, Modell	2,2-3,3 pro Zugsaison und Haus	100 %	Waldrand, Seeseite		BRACEY et al. (2016)
Bürogebäude	ein Gebäude, dreistöckige Glasfassade	einjährige Kontrolle	308 pro Jahr und Gebäude	100 %	Glasflächen	obere 2/3 mit Sonnenschutz abgedeckt	KAHLE et al. (2016)
Wohnhaus		Spuren- und Opfersuche durch Freiwillige	5,55 pro Jahr und Haus	35 %	ländliche Umgebung, hohe Vegetation, Fütterungen		KUMMER et al. (2016 a, b)
Glasflächen	fünf Gebäude/ Tiergehege (31 Scheiben)	Opfersuche täglich zur Zugzeit	0,059 pro Kontrolle	100 %	Transparentes Glas, Glasflächen		SABO et al. (2016)
Wartehäuschen	Wartehäuschen in Stillwater/OK	Spuren- und Opfersuche mit Korrektur, Modell	0,94 pro Haltestelle (Mai-September)		Transparentes Glas, Glasfläche (absolut); > 50 % auf Innenseite	weniger Glas, Markierung bestehender Haltestellen	BARTON et al. (2017)
Bürogebäude	281 Universitäts-gebäude	Opfersuche täglich zur Zugzeit	1,15 pro Haus	100 %	Glasfläche		HAGER et al. (2017)
Südamerika							
Bürogebäude	zwei Universitäts-gebäude	Opfersuche täglich	0,08 pro Tag und Haus (Januar-April)	100 %			CUPUL-MAGAÑA (2003)
Bürogebäude	sechs Universitäts-gebäude	Spuren- und Opfersuche täglich	7,07 pro Jahr und Haus	88 %	Transparente Glasflächen		AGUDELO-ÁLVAREZ et al. (2010)

2.2 Erfassung von Vogelkollisionen

Die einzige derzeit erprobte Methode zur Untersuchung von Vogelkollisionen an Gebäuden ist die Suche nach Kollisionsopfern und Anflugspuren. Dies sollte in der Regel systematisch erfolgen, aber auch die Dokumentation zufällig gefundener Vögel gibt wichtige Hinweise auf besondere Gefahrensituationen oder den Anstoß für eine genauere Untersuchung. Jeder Vogelschlag kann mit einem Verlust des Individuums gleichgesetzt werden, auch wenn ein Teil der Vögel noch eine gewisse Zeit überleben kann.

Beschränkt sich die Suche auf Kollisionsopfer, wird man auch bei täglicher Kontrolle nur einen kleinen Teil der Vogelschlagereignisse erfassen können. Methodenbedingt ist von einer hohen Dunkelziffer auszugehen, denn die Kadaver-Abtragsrate ist im Siedlungsraum sehr hoch – die Mehrzahl der Kleintierkadaver wird innerhalb eines Tages abgeräumt. Tagsüber sind hier vor allem Rabenvögel aktiv, nachts mehrere Säugetierarten (INGER et al. 2016, WELTI et al. 2017). Insbesondere in Städten kommt der Mensch (Hausmeister, Reinigungsdienste) hinzu. An hohen Gebäuden spielt bei der Suche nach Kadavern neben der Abtragsrate auch die Verdriftung der Anprallopfer eine Rolle. Wenn also zusätzlich nach Kollisionsspuren an Glasscheiben gesucht wird, ist eine wesentlich vollständigere Erfassung von Kollisionen möglich, auch wenn der Großteil der kollidierten Tiere keinerlei Spuren hinterlässt (STEIOF et al. 2017). In zwei Studien waren 80 bis 85 % der Kollisionsnachweise auf Federspuren oder Abdrücke an Scheiben

zurückzuführen (HERKENRATH et al. 2016, STEIOF et al. 2017), bei einer Untersuchung an verschiedenen Gebäuden in München in den Monaten Juli bis Oktober gingen 65 % aller Kollisionsnachweise auf Anprallspuren zurück (LBV München 2020). Bei der Suche nach Abdrücken oder Federresten (Abb. 2) sind jedoch ebenfalls Einschränkungen zu beachten. Das Absuchen nach solchen Spuren ist auf zugängliche Glasflächen beschränkt. Federreste sind nur im unteren Gebäudebereich erkennbar (mit dem Fernglas bis ca. 6 m über Grund). Auf nassen Scheiben und bei grauem Himmel sind Abdrücke schlecht oder gar nicht erkennbar. Eine Artbestimmung ist nur selten möglich. Weil Kollisionsspuren an Glasscheiben witterungsbedingt z. T. nach kurzer Zeit nicht mehr wahrnehmbar sind (STEIOF et al. 2017), sollten die Kontrollen in gewisser Regelmäßigkeit erfolgen, z. B. wöchentlich oder zweimal die Woche. An besonders vogelschlagträchtigen Fassadenabschnitten können die Kontrollen auch täglich erfolgen. Wichtig ist die morgendliche Suche nach Kadavern, die zur Zugzeit auch schon zu Dämmerungsbeginn erfolgen muss, wenn danach ein Entfernen durch Krähen oder Reinigungsdienste zu befürchten ist. Die Spuren der Anflüge wie Federabdrücke oder Reste von Kleingefieder an den Scheiben lassen häufig eine Artbestimmung nicht zu. Daher kann bei Vogelschlaguntersuchungen in der Regel nur eine eingeschränkte Aussage zur Anzahl der betroffenen Arten getroffen werden.

Für höhere Gebäude liegen derzeit nur die Methodenvorschläge der intensiven Kadaversuche vor (HAGER & COSENTINO 2014, LOSS et al. 2014b).

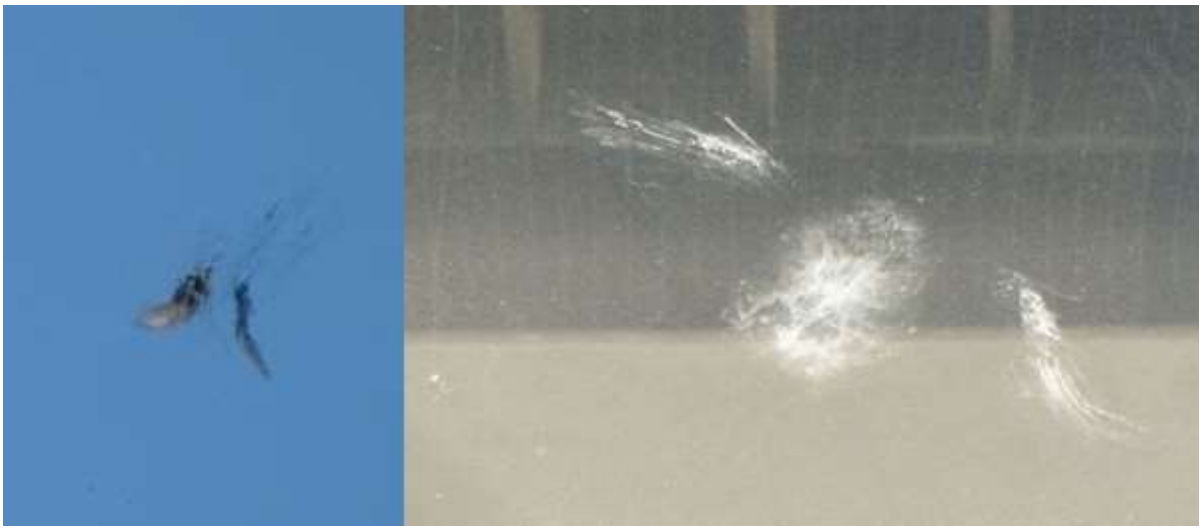

Abb. 2: Neben der Kadaversuche lassen sich Vogelkollisionen vor allem über die Spurensuche an Fassaden nachweisen. Links ist eineKleinfeder als Anflugspur an einer stark spiegelnden Fassade und rechts der Gefiederabdruck in typischer Ausprägung mit Körper und Flügeln zu erkennen (K. Steiof).

Eine standardisierte Datensammlung kann verlässliche Angaben zur Mindestzahl von Kollisionen bzw. Todesopfern liefern. Monitoringuntersuchungen an bestehenden Gebäuden, mit denen die Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen oder die Wirksamkeit bereits ergriffener Maßnahmen ermittelt werden soll, sollten die folgenden Standards erfüllen (Tab. 2):

Für eine vollständige Erfassung aller Kollisionen und zur Ermittlung des Anteils der Kollisionen, die keine Spuren an der Scheibe hinterlassen, wäre eine automatisierte Überwachung ausgewählter Glasflächen mit Kameras notwendig. Die technischen Möglichkeiten sind mit Tageslicht- oder Infrarotkameras und der (teil)automatischen Bildanalyse prinzipiell vorhanden. Allerdings liegen noch kein Vorschlag für einen Untersuchungsaufbau an Glasfassaden oder ein praxistaugliches System vor.

Tab. 2: Methodische Hinweise für die Erfassung von Kollisionsopfern und –spuren an Glasscheiben (nach HAGER & COSENTINO 2014, STEIOF et al. 2017).

Untersuchungszeitraum	ideal: ganzjährig; Variante: Zeit der größten Vogelaktivität, meist Juli – Oktober/November, möglichst auch März – Mai
Untersuchungsfläche	Kollisionsopfer: vom Fuß des Gebäudes bis in 3 m Entfernung, bei Hochhäusern auch weiter entfernt Spuren: alle erreichbaren Glasflächen bis ca. 5–6 m Höhe (mit Fernglas), bei günstiger Beleuchtung auch darüber Auf Federn am Boden, insbesondere Rupfungen und Risse, achten
Suchintensität	alle schlecht einsehbaren Stellen sorgfältig absuchen, z. B. Vegetation oder Spalten aller Art. Verletzte Vögel suchen Deckung auf!
Häufigkeit	Variante 1 (bei Erwartung sehr hoher Vogelschlagzahlen): tägliche Kontrollen tagsüber, ggf. zu unterschiedlichen Tageszeiten Variante 2: längere Kontrollabstände (z. B. zweimal pro Woche oder bis zu einmal die Woche) Ggf. Kombination beider Intensitäten mit weniger Kontrollen in Zeiten geringer Vogelaktivität und häufigen Kontrollen zur Zeit des intensiven Vogelzuges (September bis November) Zu den Vogelzugzeiten auch Kontrollen zu Dämmerungsbeginn vor Aktivitäten von Krähen und Reinigungsdiensten, um nächtliche Anflugopfer von Zugvögeln zu erfassen
Umgang mit Kadavern und Spuren	Dokumentation mit Foto und Protokollbogen, Bestimmung von Art, Alter, Anprallort und von Umgebungsparametern

Um innerhalb kurzer Zeit einen großräumigen Überblick über das Ausmaß von Kollisionen zu erhalten, wurden in mehreren Studien Kollisionsmeldungen von interessierten Hausbewohnern mittels Fragebögen gesammelt. Mit solchen Studien können rasch Informationen über viele Gebäude gesammelt werden (z. B. BAYNE 2012). Hilfreich kann auch der Einsatz von Freiwilligen zur Suche nach Kollisionsopfern und -spuren sein, entweder mit Fragebögen (KUMMER et al. 2016 a, b) oder mit der Sammlung der Opfer (CUSA et al. 2015). Für solche Vorhaben sind auch die Empfehlungen für Opfersuchen geeignet (HAGER & COSENTINO 2014, LOSS et al. 2014b).

Anders als zum Beispiel bei systematischen Kollisionssuchen an Windrädern ist es bei Untersuchungen zum Vogelschlag an Glasfassaden in der Regel nicht sinnvoll, Kadaver-Abtragsraten zu ermitteln. Denn in Siedlungen sind diese sehr hoch. Sie wären zudem an jeder Fassadenseite unterschiedlich und je nach Bodenbedeckung verschieden (Gebüsch, Rasen, Wiese, Pflaster usw.), so dass ein enormer Aufwand entstünde. Im Unterschied zu Windrädern ist es bei erreichbaren Glasscheiben immerhin möglich, auch durch Anflugspuren einen Teil der Anflüge zu ermitteln.

Es ist schwierig, die Überlebenschancen von kollidierten Vögeln zu ermitteln. Nur die besonders schwer verletzten oder sofort getöteten Vögel werden am Ort der Kollision bleiben. Leichter verletzte Vögel müssten über mehrere Tage beobachtet werden, um sicher zu sein, dass sie die Folgen der Kollision überleben (KLEM 1990a). Der Anteil von Todesopfern in den ausgewerteten Untersuchungen variiert stark (Tab. 1), wobei in vielen Fällen methodisch bedingt nur Todesopfer, aber keine überlebenden Vögel erfasst wurden. Dagegen bleiben Kollisionsspuren am Glas deutlich länger auffindbar als Todesopfer, so dass anhand von Spuren der Anteil tödlicher Kollisionen erheblich unterschätzt werden kann. Klem (1990b) hat Mortalitätsraten von 52 bis 77 % ermittelt. Die geringen Anteile toter Vögel in den experimentellen Untersuchungen an im Freiland aufgestellten Scheiben (u. a. Klem 2009, Klem & Saenger 2013,

Klem et al. 2004) lassen darauf schließen, dass viele Vögel nicht sofort tot sind, sondern sich so weit vom Kollisionsort entfernen können, dass sie nicht mehr gefunden werden. Untersuchungen überlebender Kleinvögel zeigen aber in vielen Fällen schwere innere Verletzungen, die häufig lebensgefährlich sein dürften (Klem 1990a). Die Schwere der Verletzungen hängt zudem von der Fluggeschwindigkeit bei einer Kollision ab. Scheibenanflüge kurz nach dem Start oder bei der Landung sind wahrscheinlich seltener tödlich, weil Vögel mit weniger Energie aufprallen oder sogar noch eine Ausweichbewegung vornehmen können. Darauf weisen die relativ geringeren Verluste bei Futterstellen unmittelbar vor einem Fenster hin (Klem et al. 2004). Insgesamt lassen die verfügbaren Untersuchungen darauf schließen, dass Kollisionen überwiegend sofort oder innerhalb kurzer Zeit zum Tod der Vögel führen.

2.2.1 Wirksame Vermeidungsmaßnahmen

Umfassende Übersichten zu Vermeidungsmaßnahmen können auf der Webseite der Schweizerischen Vogelwarte heruntergeladen werden (www.vogelglas.vogelwarte.ch). Auf dieser Webseite sowie auf der Seite www.wua-wien.at/naturschutz-und-stadtoekologie/vogelanprall-an-glasflaechen finden sich auch viele weitere Informationen zum Thema.Aufbau der Fassade und Unterteilung von Glasscheiben

Die Menge des Glases an der Fassade hat einen großen Einfluss auf das Vogelschlagrisiko. An normalen Lochfassaden besteht im allgemeinen ein geringes Risiko, sofern die einzelnen Glasscheiben nicht außergewöhnlich groß sind. An Bandfassaden ist das Risiko deutlich größer, weil die zusammenhängend spiegelnde Fläche größer ist. Hierbei ist relevant, wie groß die einzelnen Scheiben sind. Denn die konstruktiven Unterteilungen von Scheiben (Fassungen, Rahmen, Sprossen) sind für Vögel gut sichtbar. Beim Vergleich mehrerer Bandfassaden fanden KAHLE et al. (2016), dass an Glasscheiben ≤ 50 cm Breite viel weniger Vögel anflogen als an breiteren Scheiben. In Berlin wurden an 70 cm breiten Scheiben einer Bandfassade mehrere Anflüge mittelgroßer Vogelarten festgestellt (Ringeltaube, Eichelhäher, Misteldrossel) – und das, obschon die einzelnen Scheiben durch Lisenen unterteilt waren. Das Vogelschlagrisiko scheint somit bei Glasscheiben über ca. 50 cm Breite deutlich zuzunehmen.

2.2.2 Markierungen

Durch Markierungen sollen Scheiben für Vögel so gut sichtbar gemacht werden, dass sie diese als Hindernis wahrnehmen können, ohne dass das Glas seine eigentliche Funktion für das Gebäude verliert. Die Wahrnehmbarkeit von Markierungen auf Glasscheiben für Kleinvögel wurde besonders umfangreich anhand von Versuchen in Flugtunnels untersucht (u. a. FIEDLER & LEY 2013, RÖSSLER et al. 2007, 2015, s. auch https://wua-wien.at/naturschutz-und-stadtoekologie/vogelanprall-an-glasflaechen/vogelanprall-an-glasflaechen). Dabei werden Wildvögel, die zuvor im Rahmen der Vogelberingung gefangen wurden, in einem Tunnel freigelassen, an dessen anderem Ende eine unmarkierte Referenzscheibe und eine Testscheibe mit der jeweils untersuchten Markierung eingebaut sind. Beim Versuch, möglichst schnell aus dem Tunnel zu entkommen, können die Vögel eine der beiden Scheiben anfliegen und sollten dabei diejenige meiden, die sie als deutliches Hindernis erkennen. Aus der Anzahl der Vermeidungen bei einhundert Anflügen ergibt sich eine Aussage zur Wirksamkeit der jeweiligen Markierung. Netze vor den Scheiben verhindern eine Kollision, so dass die Vögel nach den Tests unverletzt freigelassen werden können. Technische Standards für den Aufbau des Flugtunnels, insbesondere die Beleuchtung der Scheiben und den Ablauf der Versuche wurden von RÖSSLER in Österreich optimiert (AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE 2010).

Spiegelungen reduzieren generell die Wirkung von Markierungen. Eine Modifikation des Standard-Versuchsprotokolls kann die Spiegelung der Umgebung in der Testscheibe prüfen, die den Reflektionen an Fassaden entspricht (RÖSSLER 2012). Bei mehreren Markierungen, die unter beiden Bedingungen getestet wurden, war der Anteil der Anflüge an Testscheiben bei diesen Versuchen höher.

Als Erwartungswert für Scheiben ohne Markierung sind je 50 % der Anflüge auf die Referenz- bzw. die Testscheibe zugrunde zu legen, d. h. jeweils die Hälfte der Vögel fliegt gegen eine der beiden Scheiben, beide Scheiben weisen die gleiche Kollisionsgefahr auf. Als wahrnehmbar können Markierungen daher nur gelten, wenn bei einer ausreichend großen Stichprobe statistisch signifikant weniger als 50 % der Anflüge auf die Testscheibe mit der Markierung gerichtet sind. Je geringer der Anteil der Anflüge auf die Testscheibe ausfällt, umso zuverlässiger nehmen Vögel die Markierung unter den getesteten Lichtbedingungen wahr (RÖSSLER 2012, 2013, 2015, 2018b). Weniger als 10 % Anflüge gegen die Testscheibe führen zur Bewertung „hoch wirksam“.

Freilandversuche mit nebeneinander aufgestellten Referenz- und Testscheiben in unterschiedlicher Anzahl wurden von LEY & FIEDLER (2007) und KLEM (2009) durchgeführt. In ähnlicher Weise verglichen SCHMID & SIERRO (2000) und MITRUS & ZBYRYT (2018) markierte und unmarkierte Scheiben in Lärmschutzwänden. Anders als bei Lärmschutzwänden konnte die Wirksamkeit von Markierungen nur in wenigen Fällen an echten Fassaden erprobt werden (z. B. STEIOF et al. 2017). Eine Markierung mit senkrechten 1,5 cm breiten milchigen Streifen bei 10 cm Abstand war danach hoch wirksam, ebenso wie eine Folie mit horizontalen 2 mm breiten schwarzen Streifen in 28 mm Abstand.

Die einfachste Möglichkeit einer wirksamen Markierung stellen Streifen- oder Punktmuster dar, die horizontal oder vertikal auf eine Scheibe aufgebracht werden (Abb. 3 und **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Unregelmäßige Muster sind jedoch ebenso möglich und eröffnen große gestalterische Spielräume (Abb. 4). Weitere Beispiele dazu sind bei SCHMID et al. (2012) zu finden.

Als Ergebnis der bisherigen Untersuchungen können folgende Regeln für zuverlässig wirkende Markierungen aufgestellt werden:

1. Muster müssen über die gesamte Scheibe angebracht werden. Hierbei können bereits Gesamtdeckungsgrade von5 – 10 % ausreichen, wenn auf Kontrast, Mindestlinienstärke und Maximalabstände geachtet wird, in besonderen Fällen auch weniger (siehe Ziffer 6.).

2. Vertikale Linien sollten mindestens 5 mm breit sein bei einem Kantenabstand von 95 mm, so dass sich alle 10 cm eine Linie befindet. Damit ergibt sich ein Deckungsgrad von 5 %. Horizontale Linien müssen alle 5 cm vorhanden sein. Da sie nur 3 mm breit sein müssen, ergeben sich ein Kantenabstand von 47 mm und ein Deckungsgrad von 6 %. (zahlreiche weitere Beispiele in RÖSSLER & DOPPLER 2019).

3. Ein hoher Kontrast ist essenziell für die Wahrnehmbarkeit der Muster. In der Mehrzahl der Fälle sind daher schwarze Markierungen gut geeignet, orange hat sich ebenfalls gut bewährt. In dunkleren oder schattigen Situationen bieten auch weißliche Markierungen einen guten Kontrast.

4. Außen markieren: Markierungen sollen auf der Anflugseite angebracht werden, damit ihre Wirkung nicht durch Spiegelungen verringert wird. Nur bei ausschließlich auf Durchsicht beruhender Mortalität ist die Seite ohne Einfluss.

5. Bei innen angebrachten Markierungen müssen diese sehr hell (weiß, weißlich) und breit sein (mindestens 5 cm), um von Vögeln trotz der Reflexion der äußersten Glasschicht als Hindernis wahrgenommen zu werden. Solche Strukturen werden vereinzelt als Sonnenschutz verwendet (Steiof in lit.).

6. Bei spiegelnden Scheiben wurden Markierungen mit glänzenden und nur 9 mm großen Alu-Punkten in einem 9-cm-Raster erfolgreich getestet (RÖSSLER 2020). Diese Markierung hat nur einen Deckungsgrad von ca. 0,8 %. Sie befindet sich auf Ebene 2 des Glases (Innenseite der äußeren Glasscheibe).

7. Alle Markierungen sollten sinnvollerweise dauerhaft auf dem Glas angebracht werden (z. B. Sandstrahlen, Aufdrucken). Ein nachträgliches Anbringen mittels Folien ist immer möglich, aber in der Regel nicht so dauerhaft und dann in mehrjährigen Abständen zu erneuern. Dies führt langfristig zu höheren Kosten.

Abb. 3: Fahrgastunterstand der Deutschen Bahn mit charakteristischer Streifenmarkierung (J. Bellebaum)

Abb. 4: Für Mensch und Vogel wirksam markierter Übergang zwischen zwei Gebäuden eines Krankenhauses (B.-U. Rudolph)

Abb. 5: Als wirksam getestete Streifenmarkierung an einer Lärmschutzwand (B.-U. Rudolph)

2.2.3 Netze, Gitter, Blenden und Jalousien

Es gibt eine Vielzahl von Möglichkeiten, durch undurchsichtige Materialien den Anflug von Vögeln an Glasflächen zu reduzieren oder zu verhindern (Abb. 6). Solche Gestaltungselemente werden gewöhnlich aus ästhetischen oder funktionalen Gründen und nicht primär zum Zweck des Vogelschutzes eingesetzt. So können an Wohngebäuden oder Bürofenstern Metallgitter oder Jalousien auf der Außenseite angebracht werden. Wirksam sind auch andere Elemente (z. B. auch aus Holz), die primär einen Sonnen- und Sichtschutz bieten.

Abb. 6: Jalousien verhindern Vogelschlag, wenn sie dauerhaft heruntergelassen sind. Das ist aber nicht immer zuverlässig gewährleistet (B.-U. Rudolph)

Ebenso reduzieren helle und damit Licht reflektierende Jalousien, Rollos oder Vorhänge dicht hinter einer Scheibe nicht nur die Durchsicht, sondern auch Spiegelungen. Zwar konnten damit in der Praxis Vogelkollisionen deutlich verringert werden (KAHLE et al. 2016). Allerdings wirken innen liegende Sonnenschutzeinrichtungen nicht bei jedem Lichteinfall und auch nur dann, wenn sie heruntergelassen sind. Ihre Wirksamkeit wird deshalb durch das Nutzungsverhalten der Menschen bestimmt (Abb. 6). Das gleiche gilt auch für Außenjalousien, die z. B. bei Wind nicht heruntergelassen werden, um Schäden zu vermeiden.

Zur Verhinderung von Vogelkollisionen können auch Netze oder Schnüre vor gefährlichen Scheiben aufgespannt werden. Sie erfordern aber eine regelmäßige Wartung, wenn Material oder Anbringung nicht witterungsbeständig sind (Abb. 7). Netze aus stabilen Materialien dürften als temporäre Maßnahme geeignet sein, wenn sie bei mindestens ca. 5 mm Materialdicke eine maximale Maschenweite von 10 cm haben. Als dauerhafte Maßnahme sind Netze u. Ä. in der Regel jedoch nicht geeignet, zumal sie selbst zu einer Todesfalle für Vögel werden können.

Abb. 7:

Gläserne Lärmschutzwand auf einer Brücke. Ein paar Silhouetten und ein beschädigtes Netz verhindern Vogelkollisionen nicht (B.-U. Rudolph)

2.2.4 Glaseigenschaften

Das Entstehen von Spiegelungen hängt vor allem vom Helligkeitsunterschied zwischen Innenraum und Umgebung sowie vom Blickwinkel und den Eigenschaften des verwendeten Glases ab. Stark reflektierendes Isolierglas erzeugt Spiegelungen in fast jeder Situation und stellt deshalb ein erhöhtes Risiko dar. Daher sind Scheiben mit möglichst geringer Außenreflexion immer vorzuziehen. Aber auch schwach reflektierende Scheiben müssen markiert werden, um Vogelschlag zu vermeiden. Dagegen sind mattierte, bombierte oder profilierte Oberflächen eine sichere Lösung (z. B. an verglasten Übergängen, Lärm- oder Windschutzwänden und anderen Funktionsbauwerken).

2.2.5 Unwirksame Maßnahmen

Neben den in Abschnitt 2.2.1 genannten Maßnahme gibt es auch unwirksame Maßnahmen, die in der Praxis leider viel zu häufig zum Einsatz kommen.

2.2.6 „Unsichtbare“ UV-Markierungen

Für Menschen sichtbare Markierungen an Fenstern von Wohngebäuden und dauernd genutzten Büros sind oft nicht erwünscht. Deshalb gelten Markierungen, die nur im ultravioletten

(UV) Bereich sichtbar sind, als attraktive Alternative. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass Vögel UV-Licht wahrnehmen. Dies trifft aber nur auf bestimmte Vogelfamilien unter bestimmten Bedingungen und offenbar nicht bei der schnellen Bewegung zu (RÖSSLER 2018a).

UV-Licht reflektierende Muster sind für Vögel unter realistischen Bedingungen im Freiland daher im besten Fall eingeschränkt wahrnehmbar (HÅSTAD & ÖDEEN 2014, HOECK 2016). Scheiben mit der Markenbezeichnung „Ornilux“ mit einem UV-Licht reflektierenden, inneren Muster (< 8 % UV-Reflexion, KLEM & SAENGER 2013) wurden in verschiedenen Flugtunnelversuchen höchstens schwach wahrgenommen (RÖSSLER 2012, FIEDLER & LEY 2013). Auch vereinzelte Versuche im Freiland ergaben kein eindeutiges Bild (LEY & FIEDLER 2007, KLEM & SAENGER 2013). Solche Produkte können daher trotz der Bewerbung als „Vogelschutzgläser“ nicht als Maßnahme zur Minderung des Anprallrisikos empfohlen werden.

Von Hand nachträglich aufgebrachte, UV-Licht reflektierende Markierungen mittels eines Stiftes („birdpen“, < 10 % UV-Reflexion) waren in unterschiedlichen Flugtunneltests bestenfalls schwach wahrnehmbar, im Standardtest gar nicht (RÖSSLER 2015). Wissenschaftliche Nachweise der Wirkung an Gebäuden oder eine Beschreibung der Umstände, unter denen sie wirken, fehlen bisher. Das gilt auch für UV-Sticker (RÖSSLER 2018b).

Muster aus UV-Licht reflektierenden Folien erreichten zwar in einem ersten Freilandversuch bessere Ergebnisse (KLEM 2009). Weitere Versuche, in denen sowohl Situationen mit freier Durchsicht als auch spiegelnde Scheiben überprüft wurden, ließen aber eine begrenzte Wirksamkeit nur in Situationen mit freier Durchsicht erkennen. Im Praxistest an Gebäuden zeigten diese Muster keine erkennbare Wirkung (HOECK 2016).

Im besten Fall sind die bisher geprüften UV-Licht Markierungen schwach wirksam. Sie werden unter realen Lichtbedingungen offenbar kaum wahrgenommen und reduzieren daher das Kollisionsrisiko höchstens geringfügig. UV-Licht Markierungen können deshalb ein hohes Kollisionsrisiko nicht ausreichend verringern. Ein wirksamer Vogelschutz ist mit ihnen bisher nicht zu erreichen (HAUPT 2011).

2.2.7 Greifvogelsilhouetten

Markierungen, die nicht über die gesamte Glasfläche angebracht sind, verringern Vogelverluste nicht oder nicht ausreichend. Vögel weichen den Hindernissen ein paar Zentimeter aus und prallen gegen das Glas daneben.

Die häufig verwendeten Greifvogelsilhouetten (Abb. 8) haben erwiesenermaßen keine Wirkung (KLEM 1990, TRYBUS 2003). Ihre Verbreitung als vermeintliches Mittel zur „Vogelabwehr“ geht u. a. auf ein grundlegend missverstandenes Experiment von LORENZ und TINBERGEN zurück (SCHLEIDT et al. 2011). Solche Silhouetten sind wie andere Aufkleber nur dann wirksam, wenn sie ausreichend dicht angebracht werden (Abstände 10 cm). Anstelle von Greifvogelsilhouetten können auch Buchstaben, Dreiecke oder beliebige andere Formen verwendet werden.

Abb. 8:

Greifvogelsilhouetten wirken für Vögel wie ein schwarzer Fleck. Sie weichen diesen ein paar Zentimeter aus und prallen trotzdem gegen die Scheibe. In der Regel deuten die Silhouetten darauf hin, dass es regelmäßig zu Vogelkollisionen kommt und die Problematik somit grundsätzlich erkannt worden ist. (H. Gruppe).

3 Einschätzung des Kollisionsrisikos

Die ausgewertete Literatur zeigt die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Häufigkeit von Kollisionen. Sie wurden übereinstimmend in verschiedenen Studien ermittelt und umfassen sowohl Eigenschaften der Gebäude wie Glasflächen, -anteile und Glaseigenschaften als auch Eigenschaften der Umgebung, insbesondere das Ausmaß der Versiegelung („Urbanität“) und die Ausstattung der Umgebung der Gebäude mit Gehölzen.

3.1 Schwellenwerte für die Relevanz von Vogelschlag

Die Vogelschlaggefahr steigt mit dem Anteil von Glas und der Größe der Glaselemente an einer Fassade oder einem Bauwerk. Die folgenden Faktoren erhöhen das Risiko von Kollisionen:

- transparente Konstruktion (z. B. mit Durchsicht auf freien Himmel oder auf Landschaft/Vegetation hinter dem Glas),
- Spiegelungen von Vegetation oder freiem Himmel,
- Größe des Bauwerkes (Größe und Anzahl der Scheiben),
- (insbesondere bei Hochhäusern) nächtliche Beleuchtung oberhalb der umgebenden Bebauung,
- helle Innenbeleuchtung auch in Bodennähe, die rastende Zugvögel anlocken kann,
- Standort in der Nähe von Habitaten, die Vögel anziehen (z. B. Nähe zu Gehölzvegetation).

Dabei kann die Schwelle zu einem signifikant erhöhten Risiko überschritten werden (HUGGINS 2019, HUGGINS & SCHLACKE 2019), besonders bei freistehenden Glaswänden und stark spiegelnden Fassadenelementen. Es stehen aber umfangreiche Vermeidungsmöglichkeiten zur Verfügung, insbesondere der Verzicht auf große oder transparente Glasflächen oder die Verwendung wirksamer Markierungsmethoden.

Die Schwellenwerte für den Vogelschlag ermöglichen in erster Linie die Beurteilung des Risikos für Bestandsbauten, wenn ein Vogelschlagmonitoring vorliegt. Eine Prognose des individuellen Kollisionsrisikos im Vorhinein ist nur qualitativ möglich (Kap. 4).

Die Grundlage für Schwellenwerte bilden Angaben zu regelmäßigen Vogelschlagereignissen, die in empirischen Studien ermittelt (z. B. Loss et al. 2014a) und auf den Gebäudebestand in Deutschland hochgerechnet wurden (LAG VSW 2017). Dabei sind die in Abschnitt 2.2 genannten Aspekte zu berücksichtigen.

Für die Festlegung von Signifikanzschwellen wird zwischen drei verschiedene Kategorien von Bauwerken unterschieden.

3.1.1 Kategorie 1: Einfamilien-, Doppel-, Reihenhäuser

Die Bauwerke dieser Kategorie sind vergleichsweise homogen. Sie verfügen in der Regel über überwiegend „normale“ Glasscheiben (Zimmerfenster). Aus diesem Grund ist in aller Regel in dieser Kategorie nicht mit einer signifikanten Erhöhung des Tötungsrisikos zu rechnen. Größere Glasflächen können im Erdgeschoss vorhanden sein (z. B. Terrassenzugänge). Bei der Auswertung der Befunde aus Nordamerika (Loss et al. 2014a) betrug der Mittelwert 2,1 tote Vögel je Haus und Jahr.

Kommt es in dieser Gebäudekategorie zu Häufungen von Vogelkollisionen, so sind in der Regel dafür einzelne Glasscheiben/Bauelemente verantwortlich (z. B. Wintergärten oder Windschutzeinrichtungen, die Bauwerken und Gebäudeteilen der Kategorie 3 gleichen).

3.1.2 Kategorie 2: Größere Bauwerke

Die Architektur größerer Bauwerke als die der Kategorie 1 ist extrem variabel. Dies betrifft zahlreiche bauliche Parameter wie beispielsweise Höhe, Breite, Struktur und Glasanteile ebenso wie die Funktion (z. B. Verwaltungs- und Bürogebäude, Gewerbebetriebe, Schulen, Wohngebäude). Daher werden Schlagereignisse in dieser Gebäudekategorie über einen relativen Bezug auf die Fassaden- oder Außenwandlänge von 100 m Länge beurteilt. Damit ist eine Bewertung unterschiedlicher Bauwerke oder Fassadenabschnitte unabhängig von ihrer Funktion, Größe und ihrem Glasanteil möglich. Dies ist auch deshalb ein zielführender Ansatz, weil bei einem größeren Bauwerk oft nur bestimmte Fassadenbereiche vogelschlagrelevant sind, andere hingegen nicht.

Das normale Kollisionsrisiko leitet sich aus den Annahmen zu den Bauwerken der Kategorie 1 ab: In dem publizierten Durchschnittswert von 2,1 Vogelschlägen/Jahr fließen auch Angaben von Häusern mit für Vögel gefährlichen Glaselementen ein, die diesen Wert entsprechend erhöht haben. Daher wird für ein „normales Risiko“ ein Wert von 1 Vogelschlag/Jahr angenommen. Bei einer vereinfachten Betrachtung kann für ein frei stehendes Wohnhaus eine Fassadenlänge von 50 m angenommen werden (alle vier Seiten addiert). Entsprechend der Definition entspricht ein verunglückter Vogel im Jahr auf 50 m Fassaden- oder Außenwandlänge dem normalen Tötungsrisiko in einer vom Menschen geprägten Umwelt. Übertragen auf 100 m Fassadenlänge entsprechen diesem somit zwei Vögel. Ein „signifikant erhöhtes“ Tötungsrisiko wird bei mehr als doppelt so vielen, also mindestens fünf Vögeln pro 100 m Fassaden- oder Außenwandlänge pro Jahr angenommen.

3.1.3 Kategorie 3: Freistehende Glas- oder Spiegelwände

Dazu zählen freistehende Glas- oder Spiegelwände wie Wartehäuschen/Fahrgastunterstände an Haltestellen, Schallschutzwände, verglaste Übergänge, Windschutzeinfriedungen, Eckverglasungen sowie Spiegelfassaden.

Bauwerke mit festen Strukturen kann ein Vogel grundsätzlich visuell wahrnehmen, auch wenn bestimmte verglaste Bereiche das Vogelschlagrisiko erhöhen. Vollständig transparente oder spiegelnde Bauwerke oder Gebäudeteile sind für ihn jedoch nicht wahrnehmbar, und er hat keine Möglichkeit des Ausweichens. Daher ist jede Begegnung eines Vogels mit derartigen Bauwerken oder Gebäudeteilen zwangsläufig mit einem hohen Vogelschlagrisiko verbunden. Gebäude wie zum Bespiel Wartehäuschen oder Schallschutzwände können unter vollständiger Bewahrung ihres Bestimmungszweckes in nicht oder teilverglaster Ausführung erstellt werden. Bei derartig ausgeführten Bauwerken und Gebäudeteilen ist in der Regel nicht mit einer signifikanten Erhöhung des Tötungsrisikos zu rechnen. Hingegen muss bei vollverglasten Bauwerken und Gebäudeteilen der Kategorie 3 regelhaft von einer derartigen Erhöhung ausgegangen werden.

Da es sich in aller Regel um Zweckbauten handelt, ist die Verwendung von wahrnehmbaren (markierten) Scheiben als Vermeidungsmaßnahme ohne Beeinträchtigung der Funktion und Ästhetik des Bauwerks umsetzbar.

3.2 Einfluss der Gebäude oder Fassadenabschnitte

Für die in Kapitel 4 vorgeschlagenen Bewertungen werden hier die für Vogelschlag relevanten Eigenschaften von Bauwerken und Fassaden (Gebäudefaktoren) beschrieben.

3.2.1 Glasflächen, Fassadengestaltung

Große, zusammenhängende Glasflächen, in der Regel in Verbindung mit einem hohen Anteil von Glas an einer Fassade (Abb. 9), sind nach der Mehrzahl aller Untersuchungen besonders gefährlich für Vögel und bewirken daher ein erhöhtes Kollisionsrisiko. Das gilt besonders in den unteren Stockwerken bis ca. 25 m Höhe, d. h. bis zur Höhe der in der Nähe stehenden Gehölze. In dieser Höhe bewegen sich viele Vögel in ihrem üblichen Lebensraum. Klassische Fassaden mit Einzelfenstern (sog. Lochfassaden), wie sie die meisten Wohngebäude aufweisen, zeigen in der Regel nur geringe Glasflächen und -anteile von unter 30 %. Daher weisen die meisten Wohngebäude unabhängig von Größe und Standort nur ein geringes Kollisionsrisiko auf. Mit zunehmendem Glasanteil an der Fassade erhöht sich das Kollisionsrisiko.

Abb. 9: Mit der Größe der Glasfassade steigt das Risiko des Vogelschlags; Vogelverluste sind hier nachgewiesen (B.-U. Rudolph).

Das höchste Risiko stellen (nahezu) vollständig verglaste Fassaden und freistehende bzw. transparente Glasflächen dar. Bei diesen Bauwerken oder Gebäudeteilen bestehen mehr als 75 % der Außenfläche aus Glas. Unabhängig vom Glasanteil an der ganzen Fassade zählen auch beiderseits durchsichtige oder spiegelnde Ecken (Abb. 10) zu den Gebäudeteilen mit sehr hohem Risiko. Unter bestimmten Umständen können auch komplett verglaste Fassaden unproblematisch sein, nämlich wenn keine freien Durchsichten oder keine Spiegelungen entstehen.

Bauten, die mit einer Doppelfassade, also einer wärmedämmenden Glasfassade und einer zweiten, oft mehrere Dezimeter dahinterliegenden Verglasungsebene ausgerüstet sind, können eine vergleichsweise vogelfreundliche Option sein. Bedingung ist, dass keine freien Durchsichten entstehen und dass die Prallhaut möglichst spiegelungsarm ist bzw. die zusammen mit den auf der zweiten Glashaut entstehenden Spiegelungen wenig naturgetreu ausfallen. Da solche Fassaden insbesondere durch Sonnen- und Wärmeschutzmaßnahmen sehr individuell gestaltet sein können, ist eine Betrachtung im Einzelfall erforderlich (SCHMID in litt.).

Abb. 10: Spiegelnde Eckverglasung an einem Verwaltungsgebäude; Vogelverluste sind hier nachgewiesen (K. Steiof)

Glasflächen an Hochhäusern über Baumhöhe sind für lokal brütende und rastende Vögel meist weniger gefährlich. Ein Risiko besteht, wenn sich der freie Himmel in ihnen spiegelt. Sehr hohe Gebäude können allerdings in Zeiten mit starkem Vogelzug eine erhöhte Kollisionsgefahr aufweisen, die durch Beleuchtung noch gesteigert oder erst ausgelöst wird. Bei Hochhäusern, die die umgebende Bebauung deutlich überragen, sollten daher Risikofaktoren, wie größere Glasflächen in Verbindung mit Lichtquellen, besonders berücksichtigt werden. Vogelkollisionen in Form von Massenanflügen an Bürohochhäusern wurden in Deutschland bisher nur in Bonn festgestellt (HAUPT 2009). Aus den USA und Kanada wurden dagegen Massenanflüge von Zugvögeln in einzelnen Nächten mit Hunderten an Opfern vielfach dokumentiert (z. B. FLAP CANADA 2018). Solche Ereignisse gehen häufig, aber nicht zwangsläufig, mit bestimmten Wetterverhältnissen und schlechter Sicht einher.

3.2.2 Transparente Durchsichten

Viele Eingangsbereiche und Verbindungsbauten von modernen Bürokomplexen, Schulen, Hotels u. Ä. sind beidseitig verglast und bieten eine freie Durchsicht durch das Gebäude bzw. Gebäudeelement auf die Umgebung oder Innenhöfe. Ebenso wie Glas an Gebäudeecken und außen angebaute verglaste Treppenhäuser und Aufzugsschächte täuschen solche Konstruktionen Vögeln einen freien Luftraum vor.

Eine ebenso große Gefahr stellen durchsichtige oder spiegelnde Glasflächen außerhalb geschlossener Gebäude dar. Typische Beispiele sind Trenn- und Lärmschutzwände (Abb. 12), Wartehäuschen, Durchgänge (Abb. 11) zwischen Gebäuden (ebenerdig oder höher), verglaste Gebäudeecken (Abb. 10), Glasbrüstungen und -geländer. An solchen Strukturen kommen besonders viele Vögel um, zumal sie von zwei Seiten durchsichtig erscheinen.

Abb. 11: Transparenter, beidseitig verglaster ebenerdiger Übergang zwischen zwei Gebäudeflügeln; Vogelverluste sind hier nachgewiesen (B.-U. Rudolph).

Abb. 12: Hohe transparente Trenn- und Lärmschutzwand an einem Gebäudekomplex. Vogelschlag ist wiederholt nachgewiesen (B.-U. Rudolph).

3.2.3 Spiegelungen

Der Großteil der Vogelverluste an Glas in unseren Siedlungen entsteht durch Spiegelungen. Hierbei wird den Vögeln ein mehr oder weniger realistisches Abbild der Umwelt gezeigt. Insbesondere Spiegelbilder der Gehölze, aber auch des Himmels steuern die Vögel an und prallen gegen die Scheibe. Fast alle Glasscheiben können je nach Lichteinfall spiegeln, aber beschichtete Gläser verstärken diesen Effekt (Abb. 13). Solche Gläser werden u. a. als Sonnenschutzverglasung oder als Gestaltungselement an Fassaden eingesetzt. Spiegelungen beeinträchtigen auch die Wirkung von Markierungen, wenn diese nicht auf der äußersten Glasebene angebracht sind.

3.2.4 Beleuchtung

Helle Außenbeleuchtung mit Blendwirkung und Lichtemissionen (z. B. Werbeträger) erhöhen das Kollisionsrisiko in den oberen Stockwerken von Hochhäusern ebenso wie nachts beleuchtete Büroräume, insbesondere im Zusammenspiel mit starkem Vogelzug. An solchen Gebäu-

den wird das Kollisionsrisiko durch Art und Umfang der Außenbeleuchtung und des nach außen dringenden Lichts beeinflusst (HAUPT 2009). Durch Reduktion bzw. Ausschalten der Beleuchtung lässt sich das Anflugrisiko deutlich vermindern.

Aber auch beleuchtete Räume mit innenliegender Bepflanzung können eine tödliche Falle darstellen, wenn Vögel während der Dämmerungsphase diese als vermeintliche Ruhestätte anfliegen wollen (Abb. 14).

Abb. 13: Glasfassade eines Gewerbebetriebes, die ein perfektes Spiegelbild erzeugt (B.-U. Rudolph)

Abb. 14: Vegetation hinter Glas ist ein risikosteigender Faktor (K. Steiof)

Abb. 15: Zusammen mit den Glaseigenschaften beeinflusst auch der Lichteinfall Spiegeleffekte (B.-U. Rudolph)

3.3 Einfluss der Umgebung

Der Standort eines Gebäudes bestimmt je nach seiner Attraktivität für Vögel deren Häufigkeit und die Artenzusammensetzung Nachfolgend werden Umgebungseigenschaften im Hinblick auf ihren Einfluss auf das Kollisionsrisiko beschrieben.

3.3.1 Urbanität und Versiegelung

Mehrere der ausgewerteten Studien fanden höhere Kollisionsraten an Gebäuden mit umgebenden Grünflächen (Abb. 16), an Ortsrändern oder im Außenbereich (ELLE et al. 2013, HERKENRATH et al. 2016, STEIOF et al. 2017). Auch nach Erkenntnissen aus Nordamerika sind die Kollisionsraten in dicht bebauten Innenstädten in der Regel geringer als in Randbereichen und ländlichen Siedlungen mit größeren unbebauten oder naturnahen Flächen.

Abb. 16: Geringe Versiegelung und Gehölzreichtum wie hier auf einem Universitätscampus sind stets gute Voraussetzungen für vogelreiche Lebensräume – ausgedehnte Glasflächen können das Kollisionsrisiko besonders stark erhöhen (B.-U. Rudolph).

3.3.2 Umgebende Vegetation und Lebensraumqualität

Unmarkierte Glasscheiben in der Nähe von Bäumen oder anderen Gehölzen können das Kollisionsrisiko deutlich steigern. Bäume bieten Nistplätze, Nahrung und Deckung. Außerdem dienen sie als Start- und Landeplatz. Ein erhöhtes Risiko bedeuten unmarkierte Glasscheiben auch in anderen wertvollen Vogellebensräumen, wie zum Beispiel in der Nähe von Gewässern und Feuchtgebieten. Auch die Lage in einem Gebiet mit starkem Vogelzug erhöht die Gefahr, besonders bei Hochhäusern. Alle Bereiche mit erhöhter Vogelaktivität sind deshalb bei Vermeidungsmaßnahmen besonders zu berücksichtigen.

Das Risiko von Kollisionen an unmarkierten Glasscheiben steigt mit der Gehölzbedeckung der Umgebung und mit abnehmendem Abstand der Fassade zu Gehölzen. Verantwortlich dafür sind Spiegelungen der Gehölze oder des Himmels in den Glasscheiben. Nur wenn Gehölze oder Fassadenbegrünungen unmittelbar vor einem Gebäude stehen und Scheiben damit verdecken, kann die Gefahr in bestimmten Situationen etwas geringer sein, da von dort aus startende Vögel beim Anflug noch nicht die volle Geschwindigkeit erreicht haben. Ein herausgehobenes Risiko stellen transparente Glasflächen in gehölzreicher Umgebung mit freier Sicht auf Gehölze hinter der Scheibe dar. Als besonders riskant stufen z. B. FLAP CANADA (2018) und SAN FRANCISCO PLANNING DEPARTMENT (2011) Glasflächen in weniger als 100 m Entfernung von natürlichen oder naturnahen Grünflächen ein.

Abb. 17: Wartehäuschen in einer waldähnlichen Grünanlage, Vogelverluste sind hier nachgewiesen (J. Bellebaum)

Abb. 18: Bäume spiegeln sich in Glasscheiben und suggerieren „Lebensraum“ (H. Haupt)

4 Bewertung von Bauwerken oder Fassadenabschnitten

Die Ermittlung und Bewertung des Kollisionsrisikos an vorhandenen Bauwerken kann grundsätzlich über ein Vogelschlagmonitoring und die in Abschnitt 3.1.2 festgelegten Schwellenwerte erfolgen. Ein Vogelschlagmonitoring stellt eine vergleichsweise aufwendige Sachverhaltsermittlung dar, die aber trotz der beschriebenen Probleme (Abschnitt 2.2) zu sicheren Ergebnissen führt.

Es ist aber auch möglich, eine Einschätzung des artenschutzrechtlichen Konfliktpotenzials auf Grundlage der baulichen Eigenschaften eines Bauwerks und seiner Umgebung vorzunehmen. Dies hat den Vorteil, dass Gefahrenquellen bereits während der Planungsphase erkannt und vermieden werden können. Häufig sind es nur bestimmte Gebäudeteile oder Fassadenabschnitte, an denen Vogelkollisionen gehäuft auftreten. Diese besonders gefährlichen Stellen lassen sich oft vorhersagen, so dass bereits während der Vorhabensrealisierung wirksame Vermeidungsmaßnahmen ergriffen werden können. Die folgende Checkliste (Tab. 3) und das Bewertungsschema (Tab. 5) sollen dazu dienen, aus der Planung heraus erkennbare Eigenschaften eines Bauwerkes unter Einbeziehung der Umgebung entsprechend zu bewerten. Auch an vorhandenen Bauwerken können Checkliste und Bewertungsschema eine Einschätzung liefern.

4.1 Checkliste

Die in Kapitel 3 dargestellten Erkenntnisse und Erfahrungen lassen sich für eine einfache Abschätzung der Risiken, die von Gebäuden oder Gebäudeelementen für Vögel ausgehen, verwenden. Dazu dient die Checkliste in Tab. 3. Mit ihr sollte bereits in einer frühen Planungsphase gearbeitet werden. Sie lässt sich aber auch zur schnellen Beurteilung bestehender Bauten verwenden.

Tab. 3: Checkliste: Besonders gefährliche oder sichere Gebäudeelemente. Betrachtet werden einheitliche Fassaden oder Fassadenabschnitte.

Eigenschaft	Risiko
freistehende Glaswände (z. B. Lärmschutzwand, Wartehäuschen, Glasbrüstung/-geländer, verglaste Brücke/Verbindungsgang, verglaste Gebäudeecken, Gebäudeteile mit Durchsichten) oder Scheiben mit stark reflektierender Beschichtung [> 30 % Reflexionsgrad]	sehr hoch – vermeiden, oder Schutzmaßnahmen umsetzen
50-75 % Glasfläche	mittel bis hoch – Schutzmaßnahmen prüfen
> 75 % Glasfläche und/oder großflächige Scheiben > 6 m²	sehr hoch – nur mit Schutzmaßnahmen
Scheibengrößen 3-6 m²	mittel bis hoch – Schutzmaßnahmen prüfen
Hochhaus* mit hohem Glasanteil und / oder stark spiegelnder Fassade	mittel bis hoch - Schutzmaßnahmen prüfen
Hochhaus* mit Außenbeleuchtung oder Leuchtreklame in der Höhe	sehr hoch – vermeiden
Gebäude ist weniger als 100 m entfernt von naturnahen Flächen wie Wald(-rand), Park, Gewässer, Feuchtgebiet, Naturschutzgebiet	potenziell sehr hoch – je nach Fassade nur mit Schutzmaßnahmen
Gebäude hat eine Lochfassade mit Fenstern bis 1,5 m² Größe oder Scheibenbreiten von ≤ 50 cm	gering
Es werden nur nicht-spiegelnde farbige/halbtransparente Scheiben oder Glas mit hoch wirksamer Markierung verwendet	gering
Fenster haben dauerhaft außen angebrachten Sonnenschutz (Jalousien, Brise Soleis o. Ä.)	gering
Hochhaus mit Lochfassade ohne zusätzliche Außenbeleuchtung in oberen Stockwerken (Achtung: anders ausgeprägte Grundgeschosse sind gesondert zu bewerten)*	gering

* Hochhäuser, die die umliegende Bebauung deutlich überragen, können sich auf den nächtlichen Vogelzug auswirken. Bisherige Befunde zeigen, dass helle Innenbeleuchtung aufgrund ihrer Attraktionswirkung ein Problem darstellen kann, auch in den unteren Geschossen normalhoher Bauwerke.

4.2 Bewertungsverfahren

Das folgende Bewertungsschema (

Tab. 4) ist zunächst zur Beurteilung des Kollisionsrisikos bei der Planung von Neubauten und beim Umbau von Gebäuden gedacht. Darüber hinaus kann es auch dazu verwendet werden, das Gefährdungspotential und damit den Bedarf an Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen oder ggf. Untersuchungsbedarf an bestehenden Gebäuden zu ermitteln.

Für die Anwendung des Schemas gelten folgende Grundsätze:

1. Klassische Lochfassaden mit Fensteröffnungen bis 1,5 m^2 Größe, wie sie an den meisten Wohngebäuden zu finden sind, werden grundsätzlich mit geringem Kollisionsrisiko bewertet. An ihnen kann es zwar immer wieder zu einzelnen Vogelkollisionen kommen, doch selten zu Häufungen.
2. Bauwerke mit Baujahr vor 1950 wurden in der Regel mit Lochfassaden und kleinen Fensteröffnungen gebaut, so dass das Vogelschlagrisiko an ihnen höchstens in Ausnahmefällen erhöht ist.
3. Bewertet werden einheitliche Fassaden oder Fassadenabschnitte.
4. Bewertungen sind überwiegend für Gebäude mit größeren Glasflächen, verglasten Fassadenteilen oder Anbauten und reinen Glaskonstruktionen notwendig. Diese sind typischerweise, aber nicht ausschließlich, an Gewerbe- und Verwaltungsbauten, Schulen, Krankenhäusern, Universitäten usw. zu finden.
5. Bei Scheiben mit freier Durchsicht an transparenten Gebäudeteilen (z. B. Übergänge, Wintergärten, sonstige Anbauten) oder an Funktionsbauten wie (Lärm-) Schutzwänden, Fahrgastunterständen u. Ä. ist nahezu immer von einem erhöhten Kollisionsrisiko auszugehen, so dass Schutzmaßnahmen erforderlich sind.
6. Das Erfordernis für Schutzmaßnahmen gilt auch für Glasfassaden mit einem Glasanteil > 75 % sowie für stark spiegelndes Glas.
7. Um unter die Signifikanzschwelle zu kommen, kann es ausreichen, die besonders gefährlichen Teile einer Fassade mit Vermeidungsmaßnahmen zu versehen (z. B. die rechte Hälfte in Abb. 19, ggf. dort auch der mittlere Abschnitt).
8. Bewertet werden alle Scheiben, die nicht wirksam (sichtbar) markiert oder durch undurchsichtige Bauteile verdeckt sind. Sie können aus Glas oder anderen durchsichtigen oder spiegelnden Materialien bestehen.

Abb. 19: Fassaden moderner Gebäude weisen häufig sehr unterschiedliche Glasanteile und Glaseigenschaften auf (B.-U. Rudolph)

Abb. 20: Die Fassaden sollten zur Bewertung in homogene Abschnitte unterteilt werden (B.-U. Rudolph)

Für jedes Kriterium des Bewertungsschemas werden Punkte von 1 (gering) bis 4 (sehr hoch) vergeben, die für die Gesamtbewertung addiert werden. Aus der Summe der für die Einzelkriterien ermittelten Punkte lässt sich für jedes Gebäude oder Gebäudeelement eine Risikostufe (Tab. 5) ermitteln.

Tab. 4: Bewertung des Vogelschlagrisikos an Glas

Kriterien	Gering	Mittel	Hoch	Sehr hoch
Anteil der frei sichtbaren Glasfläche ohne Markierung	< 25 % oder Scheibenbreite bis 50 cm	25 - 50 %	51 - 75 %	> 75 %, auch freistehende Glaswände, transparente Durchsichten[1] oder Reflexionsgrad sehr hoch (> 30 % Reflexionsgrad; Spiegeleffekt)
Punkte	**1**	**2**	**3**	**4** Gesamtbewertung immer „hoch“[2]
Fassadengestaltung	Lochfassade, Fensteröffnungen bis 1,5 m² oder Bandfassade mit Fensterhöhe unter 1 m oder nicht-spiegelnde farbige/halbtransparente Scheiben oder Glas mit hoch wirksamer Markierung	Lochfassade mit Fensteröffnungen von 1,5-3 m² oder Bandfassade mit Fensterhöhe von mindestens 1-1,5 m	Fassade / Fassadenabschnitt mit zusammenhängenden Glasflächen >3-6 m² (ggf. einschließlich Unterteilungen)	Fassade / Fassadenabschnitt mit zusammenhängenden Glasflächen > 6 m² (ggf. einschließlich Unterteilungen)
Punkte	**1** Gesamtbewertung immer „gering“	**2**	**3**	**4**
Umgebung	innerhalb dichter Bebauung (z. B. Innenstadt, Industriegebiet) typischerweise zu > 75 % versiegelt	Durchgrünter Siedlungsbereich typischerweise zu 51-75 % versiegelt	am Ortsrand oder im Außenbereich in Grünanlagennähe typischerweise zu 25-50 % versiegelt	weniger als 50 m entfernt von naturnahen Flächen[3] typischerweise zu < 25 % versiegelt
Punkte	**1**	**2**	**3**	**4**
Abstand unmarkierter Glasscheiben zu Gehölzen	> 50 m entfernt	31-50 m	15-30 m	< 15 m
Punkte	**1**	**2**	**3**	**4**

[1] z. B.: Lärm- oder Windschutzwand, Wartehäuschen, Glasbrüstung/-absturzsicherung, Gebäudeteile mit Durchsichten wie Verbindungsgang, verglaste Ecken, Wintergärten

[2] In Einzelfällen können transparente Scheiben (z.B. vor einem Gebäude) oder spiegelnde Glasfronten (Reflexion der gegenüberliegenden Gebäudewand) weniger problematisch oder unproblematisch sein, z.B. Straßenfluchten ohne Baumbestand. Dies kann auch auf innerstädtische Schaufenster zutreffen.

[3] z. B.: Wald, Park, Gewässer (einschl. Küste), Feuchtgebiet, Naturschutzgebiet

Erläuterungen zu Tabelle 5:

- Es kann davon ausgegangen werden, dass bei einer Entfernung von bis zu 100 m um Habitatstrukturen eine erhöhte Vogelaktivität vorliegt (San Francisco Planning Department 2011, Flap Canada 2018, Riding et al. 2020). Dies ist daher die Mindestentfernung, die als Umgebung eines Bauwerkes zu betrachten ist (3. Kriterium).
- Im Siedlungsbereich sind Gehölze und Grünflächen aus klimatischen, ästhetischen und ökologischen Gründen erwünscht. Vorhandene Gehölze sind häufig durch Baumschutzsatzungen geschützt. Für eine Vereinbarkeit von Bauvorhaben und Erhaltung oder Neuanlage von Gehölzen stehen ausreichend wirksame Vermeidungsmaßnahmen bei der Fassadengestaltung oder bei der Markierung von Glasscheiben zur Verfügung.
- Der Reflexionsgrad der Scheiben wird mit Ausnahme stark spiegelnden Glases vorläufig nicht berücksichtigt, da hierfür noch keine geeigneten Einstufungskriterien vorliegen. Vielmehr werden Spiegelungen auf Glas sehr stark von dem Helligkeitsunterschied vor und hinter der Glasscheibe hervorgerufen. In der Regel ist es außen viel heller als in einem Raum, so dass auch Glas mit einem geringen Reflexionsgrad stark spiegeln kann.

Tab. 5: Gesamtbewertung (Risikostufen)

Ergebnis (Punkte)	Gesamtrisiko	Handlungsbedarf
4 - 6	Gering - kein erhöhtes Risiko zu erwarten. Im Regelfall werden artenschutzrechtliche Konflikte vermieden.	Im Regelfall kein Handlungsbedarf
7 - 10	Mittel - einige Eigenschaften bewirken im Einzelfall ein erhöhtes Risiko. Die Verwirklichung von artenschutzrechtlichen Konflikten kann nicht ausgeschlossen werden.	Das ggf. vorhandene Konfliktpotenzial ist im Sinne eines vorsorglichen Handelns zu minimieren. Die Erforderlichkeit von Vermeidungsmaßnahmen ist im Einzelfall zu entscheiden. Hierfür sind Fachleute zu Rate zu ziehen.
11 - 16	Hoch - erhöhtes Risiko im Regelfall zu erwarten. Es ist davon auszugehen, dass artenschutzrechtliche Konflikte auftreten.	Es sind Vermeidungsmaßnahmen zu ergreifen.

5 Empfehlungen

Die wichtigsten Empfehlungen zur Vermeidung von Vogelschlag an Glas, die sich aus den vorgenannten Erkenntnissen ableiten, sind:

1. Bei Neu- und Anbauten ist es notwendig, den Vogelschutz schon bei der Planung zu berücksichtigen, z. B. mit der Checkliste als Einstieg (Tab. 3). Je früher potenziell gefährliche Elemente erkannt und risikoarme Alternativen in Betracht gezogen werden, umso weniger Konflikte werden entstehen.
2. Transparente Scheiben an Funktionsbauten oder Anbauten sollten nur Verwendung finden, wo Transparenz für die Benutzer auch erforderlich ist. Solche Scheiben können aber immer wirkungsvoll markiert werden, ohne die Durchsicht wesentlich einzuschränken. Für Scheiben, die nicht für Durchsichten gebraucht werden, sollten Alternativen in Betracht gezogen (Abb. 21) oder flächige Markierungen angebracht werden (Abb. 3, Abb. 4). In der Praxis wird das an vielen Orten schon angewendet.
3. Große durchsichtige oder spiegelnde Flächen sollten in kleinere Elemente unterteilt, dauerhaft mit Brise Soleis u. Ä. versehen oder durch halbtransparente Materialien ersetzt werden.
4. Verbleibende größere Glasflächen sollten sichtbar gemacht und dabei die Regeln für zuverlässig wirkende Markierungen beachtet werden (Abschnitt 2.2.1).
5. Auch die Gestaltung beziehungsweise die Ausstattung der Umgebung ist bei der Wahl und der Gestaltung von Glasflächen an Gebäuden zu berücksichtigen. Gehölze und Büsche im Umfeld von Gebäuden sind natürliche Gestaltungselemente urbaner Landschaften und stellen wichtige Bausteine für deren ökologische Aufwertung dar. Da derartige Lebensräume verstärkt von Vögeln genutzt werden, erhöht sich das Kollisionsrisiko insbesondere bei der Wahl ungeeigneter Glaselemente in vielen Fällen stark. Bei der Wahl entsprechender Glasflächen sind deshalb dahingehende Überlegungen notwendig. Bei der nachträglichen Gestaltung gebäudenaher Grünanlagen können zudem bereits vorhandene Glasflächen durch entsprechende Markierungen effektiv entschärft werden.
6. Schließlich nimmt auch die Fensterreinigung Einfluss auf die Wahrnehmbarkeit der Scheiben für Vögel: Ein Staubfilm kann Spiegelung und Durchsicht einschränken und sich so positiv auswirken. Dies kann die Schutzfunktion von flächigen Markierungen noch erhöhen. Scheiben von funktionalen Bauten oder Gebäudeteilen sollten nur sehr zurückhaltend, d. h. in langen Zeitabständen, gereinigt werden (Bahnhofshallen, Wartehäuschen u. Ä.). Bei Fenstern von Verwaltungsgebäuden u. Ä. hat es sich auch aus Sicht der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter als völlig ausreichend erwiesen, diese selten, d. h. höchstens einmal in zwei Jahren, reinigen zu lassen.
7. Hochhäuser, die die umliegende Bebauung deutlich überragen, können sich auf den nächtlichen Vogelzug auswirken. Zugvögel lassen sich von Lichtquellen irritieren, wie vielfach in Nordamerika und einmal in Deutschland in Bonn nachgewiesen wurde. Außenbeleuchtung muss daher vermieden werden. Innenbeleuchtung ist zu den Zugzeiten nachts auszuschalten oder abzudunkeln.
8. Innenbeleuchtung auch niedriger Bauwerke kann zu den Vogelzugzeiten rastende Zugvögel anlocken, die dann an Glasscheiben verunglücken. Auch diese Beleuchtung ist abzudunkeln und/oder in der 2. Nachthälfte abzuschalten.

Abb. 21: Übergang zwischen zwei Flügeln eines Verwaltungsgebäudes mit vogelsicheren, mattierten Scheiben (B.-U. Rudolph)

6 Literatur

AGUDELO-ÁLVAREZ L. (2010): Colisiones de aves contra ventanales en un campus universitario de Bogotá, Colombia. – *Ornitología Colombiana* **10**: 2-10.

AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE (2010): ONR 191040. Vogelschutzglas – Prüfung der Wirksamkeit. – Wien. 17 pp.

AYMÍ, R., GONZÁLEZ, Y., LÓPEZ, T., GORDO, O. (2017): Bird-window collisions in a city on the Iberian Mediterranean coast during autumn migration. – *Revista Catalana d'Ornitologia* **33**:17-28.

BALLASUS, H., HILL, K., HÜPPOP, O. (2009): Gefahren künstlicher Beleuchtung für ziehende Vögel und Fledermäuse. – *Berichte zum Vogelschutz* **46**: 127 – 157.

BARTON, C.M., RIDING, C.S., LOSS S.R. (2017): Magnitude and correlates of bird collisions at glass bus shelters in an urban landscape. – *PLoS ONE* **12** (6): e0178667.

BAYNE, E.M., SCOBIE, C.A., RAWSON-CLARK, M. (2012): Factors influencing the annual risk of bird–window collisions at residential structures in Alberta, Canada. – *Wildl. Res.* **39**: 583–592.

BEDNARZ, S. (2016): Vogelschlag an transparenten und spiegelnden Bauelementen – Häufigkeit und räumliche Verteilung am Beispiel der Stadt Bochum. – Masterarbeit, Ruhr-Univ. Bochum.

BELLEBAUM, J. (2017): Bewertungsverfahren zur Abschätzung der potentiellen Gefährdung von Vögeln durch Kollisionen an Glasfassaden. – Gutachten i. Auftr. des Bayerischen Landesamtes für Umwelt, Augsburg.

BORDEN, W.C., LOCKHART, O.M., JONES, A.W., LYONN, M.S. (2010): Seasonal, taxonomic and local habitat components of bird-window collisions on an urban campus in Cleveland, OH. – *Ohio J. Sci.* **110**:44-52.

BRACEY, A.M., ETTERSON, M.A., NIEMI, G.J., GREEN, R.F. (2016): Variation in bird-window collision mortality and scavenging rates within an urban landscape. – *Wilson Journal of Ornithology* **128**: 355-367.

CUPUL-MAGAÑA, F.G. (2003): Nota sobre colisiones de aves en las ventanas de edificios universitarios en Puerto Vallarta, México. – *Huitzil* **4**: 17-21.

CUSA, M., JACKSON, D.A., MESURE, M. (2015): Window collisions by migratory bird species: urban geographical patterns and habitat associations. – *Urban Ecosyst.* **18**: 1427–1446.

ELLE, O., WEERTS, F., SCHNEIDER, C., BLANKENBURG, J., ANDERS, C., HACH, C., LEBOWSKI, T. (2013): Vogelschlagrisiko an spiegelnden oder transparenten Glasscheiben in der Stadt: Unterschätzt, überschätzt oder unkalkulierbar? – *Berichte zum Vogelschutz* **49/50**: 135-148.

EVANS OGDEN, L.J. (1996): Collision course: The hazards of lighted structures and windows to migrating birds. World Wildlife Fund Canada and the Fatal Light Awareness Program, Toronto.

FIEDLER, W., LEY, H.-W. (2013): Ergebnisse von Flugtunnel-Tests im Rahmen der Entwicklung von Glasscheiben mit UV-Signatur zur Vermeidung von Vogelschlag. – *Berichte zum Vogelschutz* **49/50**: 115-134.

FLAP CANADA (2018): Fatal Light Awareness Program (FLAP). – http://flap.org/.

GELB, Y., DELACRETAZ, N. (2006): Avian window strike mortality at an urban office building. – *Kingbird* **56**:190-198.

HAGER, S.B., COSENTINO, B.J. (2014): Surveying for Bird Carcasses Resulting From Window Collisions: A Standardized Protocol. – *PeerJ PrePrints* **2**: e406v1. DOI: 10.7287/peerj.preprints.406v1

HAGER, S.B., CRAIG, M.E., 2014. Bird-window collisions in the summer breeding season. – PeerJ 2, e460.

HAGER, S.B., TRUDELL, H., MCKAY, K.J., CRANDALL, S.M., MAYER, L. (2008): Bird density and mortality at windows. – *Wilson Journal of Ornithology* **120**: 550–564.

HAGER, S.B., COSENTINO, B.J., MCKAY, K.J. (2012): Scavenging affects persistence of avian carcasses resulting from window collisions in an urban landscape. – *Journal of Field Ornithology* **83**: 203–211.

HAGER, S.B., COSENTINO, B.J., MCKAY, K.J., MONSON, C., ZUURDEEG, W., BLEVINS, B. (2013): Window area and development drive spatial variation in bird-window collisions in an urban landscape. – *PLoS One* **8 (1)**: e53371.

HAGER, S.B., COSENTINO, B.J., AGUILAR-GÓMEZ, M.A. *et al.* (2017): Continent-wide analysis of how urbanization affects bird-window collision mortality in North America. – *Biological Conservation* **212**: 209–215.

HÅSTAD, O., ÖDEEN, A. (2014): A vision physiological estimation of ultraviolet window marking visibility to birds. – *PeerJ* **2**: e621; DOI: 10.7717/peerj.621

HAUPT, H. (2009): Der Letzte macht das Licht an! – Zu den Auswirkungen leuchtender Hochhäuser auf den nächtlichen Vogelzug am Beispiel des „Post-Towers“ in Bonn. – *Charadrius* **45**: 1–19.

HAUPT, H. (2011): Auf dem Weg zu einem neuen Mythos? Warum UV-Glas zur Vermeidung von Vogelschlag noch nicht empfohlen werden kann. – Berichte zum Vogelschutz 47/48: 143–160.

HERKENRATH, P., FELS, B., JÖBGES, M. (2016): Vogelschlag an Glasfronten: Was passiert beim LANUV? – *Natur in NRW* **2/16**: 32-33.

HOECK, P. (2016): Testing of a promising UV window film to avoid bird window collisions. – Project report. San Diego.

HUGGINS, B. (2019): Vogelschlag an Glas – eine neue Hürde für die Vorhabenzulassung? – *Natur und Recht* **41**: 511-518.

HUGGINS, B. & S. SCHLACKE (2019): Schutz von Arten vor Glas und Licht: Rechtliche Anforderungen und Gestaltungsmöglichkeiten. Schriftenreihe Natur und Recht Band 18. Heidelberg

INGER, R., E. PER, D. T. C. COX & K. J. GASTON (2016): Key role in ecosystem functioning of Scavengers reliant on a single common species. – Scientific Reports 6: 29641; doi: 10.1038/srep29641.

JÖDICKE, K. & A. MITSCHKE (2021): Schlagopfersuche an ausgewählten Hamburger Hochhäusern während der Vogelzugzeiten 2020. – Gutachten im Auftrag der Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft Hamburg; 98 S.

KAHLE, L.Q., FLANNERY, M.E., DUMBACHER, J.P. (2016): Bird-window collisions at a west-coast urban park museum: analyses of bird biology and window attributes from Golden Gate Park, San Francisco. – *PLoS One* **11(1)**: e0144600.

KLEM, D. (1990a): Bird injuries, cause of death, and recuperation from collisions with windows. – *Journal of Field Ornithology* **61**: 115–119.

KLEM, D. (1990b): Collisions between birds and windows: mortality and prevention. – *Journal of Field Ornithology* **61**: 120-128.

KLEM, D. (2009): Preventing Bird-Window Collisions. – *Wilson Journal of Ornithology* **121**: 314-321.

KLEM, D., FARMER, C.J., DE LA CRETAZ, N., GELB, Y., SAENGER, P.G. (2009): Architectural and landscape risk factors associated with bird-glass collisions in an urban environment. – *Wilson Journal of Ornithology* **121**: 126-134.

KLEM, D., KECK, D.C., MARTY, K.L., MILLER BALL, A.J., NICIU, E.E., PLATT, C.T. (2004): Effects of window angling, feeder placement, and scavengers on avian mortality at plate glass. – *Wilson Bulletin* **116**: 69-73.

KLEM, D., SAENGER, P.G. (2013): Evaluating the Effectiveness of Select Visual Signals to Prevent Bird-window Collisions. – *Wilson Journal of Ornithology* **125**: 406–411.

KUMMER, J.A., BAYNE, E.M. (2015): Bird feeders and their effect on bird-window collisions at residential houses. – *Avian Conservation and Ecology* **10(2)**: 6. DOI: 10.5751/ace-00787-100206

KUMMER, J.A., BAYNE, E.M., MACHTANS, C.S. (2016a): Use of citizen science to identify factors affecting bird–window collision risk at houses. – *Condor* **118**: 624–639.

KUMMER, J.A., BAYNE, E.M., MACHTANS, C.S. (2016b): Comparing the results of recall surveys and standardized searches in understanding bird-window collisions at houses. – *Avian Conservation and Ecology* **11(1)**: 4. DOI: 10.5751/ACE-00820-110104

LAG VSW – LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT DER VOGELSCHUTZWARTEN (2017): Der mögliche Umfang von Vogelschlag an Glasflächen in Deutschland – eine Hochrechnung. – *Berichte zum Vogelschutz* **53/54**: 63–67.

LBV (LANDESBUND FÜR VOGELSCHUTZ) München (2020): Untersuchung zu Vogelschlag an Glasfassaden in München 2020. – Gutachten im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umwelt. 52 Seiten.

LEY, H.-W., FIEDLER, W. (2007): Eignung von „Vogelschutz-Glas" für transparente Lärmschutzwände. – Abschlussbericht Vogelwarte Radolfzell. 18 S.

LÖHRL, H. (1962): Vogelvernichtung durch moderne Glaswände. – *Kosmos* **5**: 191–194.

LOSS, S.R., WILL, W., LOSS, S.S., MARRA, P.P. (2014a): Bird-building collisions in the United States: Estimates of annual mortality and species vulnerability. – *Condor* **116**: 8–23.

LOSS, S.R., LOSS, S.S., WILL, W., MARRA, P.P. (2014b): Best practices for data collection in studies of bird-window collisions. – 2 S. http://abcbirds.org/wp-content/uploads/2015/11/Loss-et-al-Best-Practices-for-Window-Data-2014.pdf.

MCLAREN, J. D., BULER, J. J., SCHRECKENGOST, T., SMOLINSKY, J. A., BOONE, M., EMIEL VAN LOON, E., DAWSON, D. K., WALTERS, E. L. (2018): Artificial light at night confounds broad-scale habitat use by migrating birds. – Ecological Letters. doi:10.1111/ele.12902

MITRUS, Z., ZBYRYT, A. (2018): Reducing avian mortality from noise barrier collisions along an urban roadway. – *Urban Ecosystems*: Doi:10.1007/s11252-017-0717-7

OCAMPO-PEÑUELA, N., WINTON, R.S., WU, C.J., ZAMBELLO, E., WITTIG, T.W., CAGLE, N.L. (2016): Patterns of bird-window collisions inform mitigation on a university campus. – *PeerJ* **4**: e1652.

O'CONNELL, T.J. (2001): Avian window strike mortality at a suburban office park. *Raven* **72**: 141 – 149.

ÖDEEN, A., HÅSTAD, O., ALSTRÖM, P. (2011): Evolution of ultraviolet vision in the largest avian radiation - the passerines. – *BMC Evol Biol.* **11**: 313. DOI: 10.1186/1471-2148-11-313.

RIDING, C.S., O'CONNELL, T.J., LOSS, S.R. (2020): Building façade-level correlates of bird-window collisions in a small urban area. – *The Condor* **122**: 1-14. DOI: 10.1093/condor/duz065

RÖSSLER, M. (2005): Vermeidung von Vogelanprall an Glasflächen – weitere Experimente mit 9 Markierungstypen im unbeleuchteten Versuchstunnel. – Studie im Auftrag der WUA. 26 S.

RÖSSLER, M. (2010): Vermeidung von Vogelanprall an Glasflächen - Wahlversuche im Flugtunnel 2009. – Studie im Auftrag der WUA. 25 S.

RÖSSLER, M. (2012): Vogelanprall an Glasflächen. Prüfbericht Ornilux Mikado, Prüfung im Flugtunnel II der Biologischen Station Hohenau-Ringelsdorf. – Studie im Auftrag der WUA. 28 S.

RÖSSLER, M. (2013): Vogelanprall an Glasflächen. Prüfbericht ABC Bird Tape Tesa® 4593, Prüfung im Flugtunnel II der Biologischen Station Hohen-Ringelsdorf nach ONR 191040 und unter Einbeziehung von Spiegelungen bei dunklem Hintergrund. – Studie im Auftrag der WUA. 16 S.

RÖSSLER, M. (2015): Vogelanprall an Glasflächen. Prüfbericht birdpen®, Prüfung nach ONR 191040 und WIN-Versuch im Flugtunnel II der Biologischen Station Hohenau-Ringelsdorf. – Studie im Auftrag der WUA. 21 S.

RÖSSLER, M. (2018a): Mit welchen Augen sieht ein Vogel die Welt? Sinnesökologische Erklärungen, warum UV-Markierungen Vögel nicht vor Glasanprall schützen. – Vortrag auf Tagung des BUND Nordrhein-Westfalen, https://www.bund-nrw.de/fileadmin/nrw/bilder/Naturschutz/Vogelschlag/Veranstaltungen/Fachtagung_2018/BUND_VogelschlagTagung_2018_Roessler.pdf

RÖSSLER, M. (2018b): Vogelanprall an Glasflächen. Prüfbericht Dr. Kolbe Birdsticker®, Prüfung unter Einbezug von Spiegelungen im Flugtunnel II der Biologischen Station Hohenau-Ringelsdorf. – Studie im Auftrag der WUA. 10 S.

RÖSSLER, M. (2020): Vermeidung von Vogelanprall an Glasflächen, Prüfbericht SEEN Glas-Elemente, spiegelnde und semi-reflektierende 9mm Punkte. – Test im Flugtunnel II der Biologischen Station Hohenau-Ringelsdorf; 8 S.

RÖSSLER, M. & W. DOPPLER (2019): Vogelanprall an Glasflächen, Geprüfte Muster. – Faltblatt, 4. Auflage

RÖSSLER, M., LAUBE, W. (2008): Vermeidung von Vogelanprall an Glasflächen. Farben, Glasdekorfolie, getöntes Plexiglas - 12 weitere Experimente im Flugtunnel II, Februar 2008. – Studie im Auftrag der Niederösterreichischen Umweltanwaltschaft. 36 S.

RÖSSLER, M., LAUBE, W., WEIHS, P. (2007): Vermeidung von Vogelanprall an Glasflächen. Experimentelle Untersuchungen zur Wirksamkeit von Glas-Markierungen unter natürlichen Lichtbedingungen im Flugtunnel II. – Studie im Auftrag von ASFINAG, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie und WUA. 56 S.

RÖSSLER, M., NEMETH, E., BRUCKNER, A. (2015): Glass pane markings to prevent bird-window collisions: less can be more. – *Biologia* **70**: 535-541

RÖSSLER, M., ZUNA-KRATKY, T. (2004): Vermeidung von Vogelanprall an Glasflächen. Experimentelle Untersuchungen zur Wirksamkeit verschiedener Glas-Markierungen bei Wildvögeln. Studie im Auftrag der WUA. 39 S.

SABO, A.M., HAGEMEYER, N.D.G., LAHEY, A.S., WALTERS, E.L. (2016): Local avian density influences risk of mortality from window strikes. – *PeerJ* **4**: e2170. DOI 10.7717/peerj.2170

SAN FRANCISCO PLANNING DEPARTMENT (2011): Standards for Bird-Safe Buildings. – 42 S. http://sf-planning.org/standards-bird-safe-buildings.

SCHLEIDT, W., SHALTER, M.D., MOURA-NETO, H. (2011): The hawk/goose story: the classical ethological experiments of Lorenz and Tinbergen, revisited. – *J. Comp. Psychol.* **125**: 121-33.

SCHLUSEN, J. & V. HEIMEL (2011): Glasflächen als Vogelkiller. – Der Falke **58**: 418–419.

SCHMID, H., SIERRO, A. (2000): Untersuchung zur Verhütung von Vogelkollisionen an transparenten Lärmschutzwänden. – *Natur und Landschaft* **75**: 426–430.

SCHMID, H., DOPPLER, W., HEYNEN, D., RÖSSLER, M. (2012): Vogelfreundliches Bauen mit Glas und Licht. – 2. überarbeitete Auflage. Schweizerische Vogelwarte Sempach. http://www.vogelglas.info/public/voegel_glas_licht_2012.pdf

SEEWAGEN, C. L., SHEPPARD, C. (2017): Bird collisions with windows: An annotated bibliography. – American Bird Conservancy, Washington, DC. 41 S.

STATISTISCHES BUNDESAMT (2014): Gebäude und Wohnungen Bundesrepublik Deutschland am 9. Mai 2011. – https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressekonferenzen/2013/Zensus2011/gwz_zensus2011.pdf?__blob=publicationFile.

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.

TRYBUS, S. (2003): Wirksamkeit von Greifvogelsilhouetten zur Verhinderung von Kleinvogelanprall an Glasfronten. – Diplomarbeit, Universität Wien. 34 S.

VAN DOREN, B. M. HORTON, K. G., DOKTER, A. M., KLINCKE, H., ELBIN, S. B., FARNSWORTH, A. (2017): High-intensity urban light installation dramatically alters nocturnal bird migration. – *PNAS*: doi 10.1073/pnas.1708574114

WELTI, N., P. SCHERLER & M.U. GRÜEBLER (2017): Wer frisst Kleintierkadaver wann und wo: Aasfresser-Gemeinschaften in den Schweizer Voralpen. – Vogelwarte **55**: 333–334.

WITTIG, T.W., CAGLE, N.L., OCAMPO-PEÑUELA, N., WINTON, R.S., ZAMBELLO, E., LICHTNEGER, Z. (2017): Species traits and local abundance affect bird-window collision frequency. – *Avian Conservation and Ecology* **12(1)**: 17.

ZINK, R.M., ECKLES, J. (2010): Twin Cities Bird-Building Collisions: A Status Update on „Project Birdsafe“. – *Loon* **82**: 34-37.

7 Anhang – Beispiele für die Anwendung des Bewertungsschemas (Tab. 5)

Augsburg, Verwaltungsgebäude, Übergang (B.-U. Rudolph)

Gebäudefaktoren

transparentes Glas

entsprechend der Festlegung in Tab. 4 führen transparente Glasflächen automatisch zur **hohen Risikostufe**

Vogelschlag in erheblichem Umfang nachgewiesen

Augsburg, Gewerbebetrieb (B.-U. Rudolph)

Gebäudefaktoren	
25- 50 % Glasanteil	2
Glasflächen > 6 m²	4
Summe:	**6**
Umgebungsfaktoren	
< 25 % Versiegelung	4
Abstand zu Gehölzen	3
Summe:	**7**
Gesamtwert	**13**

hohe Risikostufe

Vogelschlag nachgewiesen

Gebäudefaktoren	
> 25-50 % Glasanteil	2
Bandfassade 1-1,5 m:	2
Summe:	**4**
Umgebungsfaktoren	
25-50 % Versiegelung	3
Abstand zu Gehölzen	1
Summe:	**4**
Gesamtwert	**8**

mittlere Risikostufe

Augsburg, Verwaltungsgebäude (B.-U. Rudolph)	Vogelschlag nachgewiesen (Innenhofsituation), Ausmaß aber vermutlich unter dem Schwellenwert
 Augsburg, Forschungszentrum (B.-U. Rudolph)	**Gebäudefaktoren** bis 25 % Glasanteil 1 Bandfassade 1-1,5 m 2 **Summe: 3** **Umgebungsfaktoren** > 75 % Versiegelung 1 Abstand zu Gehölzen 4 **Summe: 5** **Gesamtwert 8** mittleres Kollisionsrisiko, aber aufgrund der Strukturierung der Scheiben durch Streben sind die Scheiben ausreichend markiert. Risikostufe **gering**.
 Garmisch-Partenkirchen, Staatliche Vogelschutzwarte (B.-U. Rudolph)	**Gebäudefaktoren** Scheibenbreite bis 50 cm 1 Lochfassade bis 1,5 m²: 1 **Summe: 2** **Umgebungsfaktoren** < 25 % Versiegelung 4 Abstand zu Gehölzen: 1-4 **Summe: 5** **Gesamtwert: 7-10** mittleres Kollisionsrisiko, aber aufgrund der Festlegung in Tab. 5 „Lochfassade mit Fensteröffnungen bis 1,5 m²“ fällt die Gesamtbewertung in die Risikostufe **gering**. wiederholter Vogelschlag an einzelnen Scheiben nachgewiesen; hier ist eine Markierung sinnvoll

Augsburg, innerstädtische Wohnbebauung und historische Bebauung (B.-U. Rudolph)

Gebäudefaktoren

25-50 % Glasanteil:	2
Lochfassaden_	1
Summe:	**3**

Umgebungsfaktoren:

> 75 % Versiegelung:	1
Keine Gehölze:	1
Summe:	**2**

Gesamtwert: 5

Geringe Risikostufe

Die gleiche Bewertung würde sich aufgrund der Festlegung in Tab. 5 „Lochfassade mit Fensteröffnungen bis 1,5 m²“ ergeben.

Augsburg, Gewerbegebäude (B.-U. Rudolph)

Gebäudefaktoren

>75 % Glasanteil	4
Glasflächen > 6 m²	4
Summe:	**8**

Umgebungsfaktoren

< 50 % Versiegelung	4
Abstand zu Gehölzen	3
Summe:	**7**

Gesamtwert:	**15**

hohe Risikostufe

Vogelschlag wiederholt nachgewiesen

Potsdam, Wohnblock (K. Steiof)

Gebäudefaktoren	
< 50 % Glasanteil	2
Lochfassade > 1,5 m^2	2
Summe:	**4**
Umgebungsfaktoren	
< 75 % Versiegelung	2
Abstand zu Gehölzen	3
Summe:	**5**
Gesamtwert	**9**
mittlere Risikostufe	

Berlin, Bürogebäude (K. Steiof)

Gebäudefaktoren	
Transparente Durchsicht bzw.	
>75 % Glasanteil	4
Glasflächen > 6 m^2	4
Summe:	**8**
Umgebungsfaktoren	
51-75 % Versiegelung	2
Abstand zu Gehölzen	3
Summe:	**5**
Gesamtwert	**13**
hohe Risikostufe	

auch eine getrennte Bewertung des rechten transparenten Teils und der restlichen Fassade kommt jeweils zum Ergebnis „hohe Risikostufe“

Potsdam, Kindertagesstätte (K. Steiof)

Gebäudefaktoren	
51-75 % Glasanteil	3
Glasflächen > 6 m²	4
Summe	**7**
Umgebungsfaktoren	
25-50 % Versiegelung	3
Abstand zu Gehölzen	3
Summe:	**6**
Gesamtwert	**13**
hohe Risikostufe	

Berlin, Bürogebäude (K. Steiof)

Gebäudefaktoren	
51-75 % Glasanteil	3
Glasflächen > 6 m²	4
Summe:	**7**
Umgebungsfaktoren	
> 75 % Versiegelung	1
Abstand zu Geh.> 50 m	1
Summe:	**2**
Gesamtwert	**9**
mittlere Risikostufe	

Trotz der spiegelnden Glasflächen führt die Bewertung nicht automatisch zur hohen Risikostufe (s. Fußnote 2 in Tab. 5), da sich keinerlei Vegetation spiegelt.

Handlungsbedarf besteht vermutlich an Stellen, an denen die Entfernung zur Vegetation geringer ist.

Berlin, Forschungszentrum (K. Steiof)

Gebäudefaktoren	
51-75 % Glasanteil	3
Glasflächen >3 6 m^2	3
Summe	**7**
Umgebungsfaktoren	
51-75 % Versiegelung	2
Abstand zu Gehölzen	4
Summe:	**6**
Gesamtwert	**13**
hohe Risikostufe	

trotz der gegliederten Fassade (Breite der Scheiben 70 cm) ist regelmäßiger Vogelanflug gegenüber den Bäumen nachgewiesen

Berlin, Bürogebäude (K. Steiof)

Gebäudefaktoren (Vorbau)	
(farbiges Glas, aber stark spiegelnd)	
Glasanteil >75 %	4
Glasflächen > 6 m^2	4
Summe	**8**
Umgebungsfaktoren	
Versiegelung > 75 %	1
Abstand zu Gehölzen	4
Summe:	**5**
Gesamtwert	**13**
hohe Risikostufe	

häufiger Vogelschlag nachgewiesen