

PRÜFBERICHT

Vermeidung von Vogelanprall an Glasflächen

SEEN Glas-Elemente

Spiegelnde und semi-reflektierende 9mm Punkte

Tests im Flugtunnel II
nach der WIN-Test Methode
an der Biologischen Station Hohenau-
Ringelsdorf, Österreich

Martin Rössler

Datum: Februar 2020



Aufgabe und Testmethode

Im Auftrag der SEEN GmbH, Waldstatt, Schweiz, wurden zwei Glas-Prototypen mit einer neuartigen Markierungstechnik bestehend aus Aluminium-beschichteten Elementen auf ihre Eignung zur wirksamen Vermeidung von Vogelanprall geprüft. Zu diesem Zweck wurden dichotome Wahlversuche mit Wildvögeln in einem Flugtunnel durchgeführt. Beide Prototypen bestanden Verbundglas bestehend aus 2 x 4mm Weißglas mit einer PVB-Zwischenschicht an der die Vogel-abschreckenden Elemente angebracht waren. Als Referenzscheibe diente unmarkiertes 4 mm starkes Floatglas (Abb. 1 und Abb. 2). Die Prüfscheiben wurden bei natürlichem Tageslicht getestet.

1.1 Prüfexemplare



Abbildung 1: Prüfkandidat „SEEN spiegelnd“ (links) und unmarkierte Floatglas Referenzscheibe (rechts) aus der Perspektive eines heranfliegenden Vogels im Flugtunnel.



Abbildung 2: Prüfkandidat „SEEN matt“ links, Floatglas Referenzscheibe rechts.

Tab. 1 listet Eigenschaften, verwendete Referenzscheibe, Testzeitraum und Anzahl der Versuche für beide Prototypen: mit spiegelnden Punkten („SEEN spiegelnd“, Abb. 1) und semi-reflektierenden Punkten („SEEN matt“, Abb. 2).

Tabelle 1: Beschreibung der Prüfexemplare, Referenzscheibe, Testzeitraum und Anzahl der gültigen Versuche.

2019 Test-Code	Typ	Beschreibung	Referenz	Testzeitraum	Anzahl gültiger Versuche
SEEN spiegelnd	PVB Verbundglas 4/1,5/4	Punkte, 9 mm Durchmesser, Mittelpunktabstand: 90 mm, Mehrschicht-Elemente mit spiegelnder Aluminiumbeschichtung	4 mm Floatglas, unmarkiert	26.08. – 27.09	90
SEEN matt		Punkte, 9 mm Durchmesser, Mittelpunktabstand: 90 mm, Mehrschicht-Elemente mit semi-reflektierender Aluminiumbeschichtung			97

Die Prüfexemplare bestanden aus PVB Verbundglas. Das Muster bildete ein Raster aus metallisch spiegelnden Punkten, die an der PVB-Schicht angebracht waren.

Spiegelnde Punkte – „SEEN spiegelnd“

Glaszusammensetzung: 4 mm Weißglas + 2 x 0.76 mm PVB Zwischenschicht + 4 mm Weißglas, SEEN Glas-Elemente sind zwischen den beiden PVB-Laminierfolien angebracht.

Muster: 9 mm Punkte mit einem Abstand von 90 mm zwischen Punkt-Mittelpunkten; bedeckte Fläche 0,8 %.

Material: Die Punkte (SEEN Glas-Elemente) sind Mehrschicht-Elemente mit einer spiegelnden Aluminiumbeschichtung auf der Vorderseite und einer schwarzen Färbung der Rückseite (die Rückseite kann optional auch der Vorderseite gleichen). Aufgrund der Zusammensetzung der Ebenen entsteht ein 3D-Effekt. Die sichtbare Reflexion der spiegelnden Aluminiumbeschichtung beträgt 89 % (im Verbundglas gemessen).

Semi-reflektierende Punkte – „SEEN matt“

Glaszusammensetzung: 4 mm Weißglas + 2 x 0.76 mm PVB Zwischenschicht + 4 mm Weißglas, SEEN Glas-Elemente sind zwischen den beiden PVB-Laminierfolien angebracht.

Muster: 9 mm Punkte mit einem Abstand von 90 mm zwischen Punkt-Mittelpunkten; bedeckte Fläche 0,8 %.

Material: Gleiches Material wie die spiegelnden Punkte, aber mit einer sichtbaren Reflexion der semi-reflektierenden Aluminiumbeschichtung von 75 % (im Verbundglas gemessen). „Semi-reflektierend“ bezieht sich auf eine von der Folie erzeugte Reduktion der Reflektanz.

1.2 Untersuchungsdesign

Der in dieser Untersuchung verwendete Flugtunnel wurde 2006 konzipiert und errichtet (siehe Rössler et al. 2007). Der gesamte Tunnel ist drehbar gelagert, wodurch er stets relativ zum Stand der Sonne ausgerichtet werden kann und einen parallelen, gleichmäßigen und symmetrischen Lichteinfall auf die Prüfscheiben gewährleistet. Die ursprüngliche Versuchsanordnung („ONR-Versuch“ - nach der Österreichischen Norm, Rössler et al. 2007) war geeignet um Glasmarkierungen unter idealen, spiegelungsfreien Durchsichtbedingungen zu prüfen.

Die hier beschriebene Versuchsanordnung nennt sich „WIN-Versuch“ (nach dem englischen Wort für Fenster - „window“). Sie eignet sich um den Einfluss von Spiegelungen an den Scheiben zu untersuchen, wie sie typischerweise an den Fenstern und Fassaden von Gebäuden entstehen. Da im Hintergrund von Bauwerk-Fassaden oder Fenstern meist nur geringere Lichtintensitäten herrschen als außen, treten an den Glasflächen häufig deutliche Spiegelungen auf. Im „WIN-Versuch“ werden diese Bedingungen durch Montage von Seitenwänden, Dach und einer weißen Plane mit Tarnnetz hinter dem Versuchsbereich simuliert (Abb. 3 und Abb. 4, siehe auch Abb. 1 und Abb. 2). Dadurch wird eine abgeschlossene Kammer erzeugt, in der die Intensität des nach außen reflektierten Lichts auf Zielwerte von 1 – 5 % des Tageslichts beschränkt wird. Prüfscheibe und Referenzscheibe (4 mm unmarkiertes Floatglas) werden im Winkel von 125° zur Flugachse der Vögel montiert. Aus Sicht des Vogels im Flugtunnel erzeugen die Scheiben, ähnlich wie die Seitenspiegel eines Fahrzeugs, Spiegelbilder des umgebenden Lebensraums. Die zu testenden Markierungen „konkurrieren“ (kontrastieren) mit den gespiegelten Bildern der Umgebung bzw., je nach Lichtbedingungen, mit Bildern vom Hintergrund.

Die Prüf- und Referenzscheiben wurden zufällig links oder rechts positioniert. Nach jeweils drei Einzelversuchen erfolgte ein Wechsel der Prüfscheiben. Reihenfolge und Anordnung der Scheiben folgten einer vorher festgelegten Zufallsreihe, in Abwechslung mit Kandidaten von anderen Kunden und Herstellern. Dichte und homogene, natürliche Ruderalvegetation (*Chenopodium* sp. und *Atriplex* sp.) umgibt den Versuchsstandort und diente als Hintergrund, der für die Vögel am Ende des Tunnels sichtbar war. Die im Versuch verwendeten Vögel waren Wildvögel, die in unmittelbarer

Nähe des Flugtunnels gefangen wurden. Die Testvögel wurden tageslichtadaptiert am dunklen Ende des Tunnels in eine Startröhre gesetzt und flogen sofort zum anderen (hellen) Ende, wo die Prüf- und Referenzscheiben entweder auf der rechten oder linken Hälfte des Tunnelendes positioniert waren. 10 cm vor dem Tunnelende befand sich ein zum Vogelfang gebräuchliches Japannetz, das die Vögel sanft abfang und vor einem Aufprall auf den Testscheiben bewahrte. Die Versuchsflüge wurden mit einer Videokamera aufgezeichnet. Während den Versuchen kamen keine Vögel zu Schaden. Jeder Vogel wurde nach erfolgtem einmaligem Flug durch den Tunnel sofort in die Freiheit entlassen.

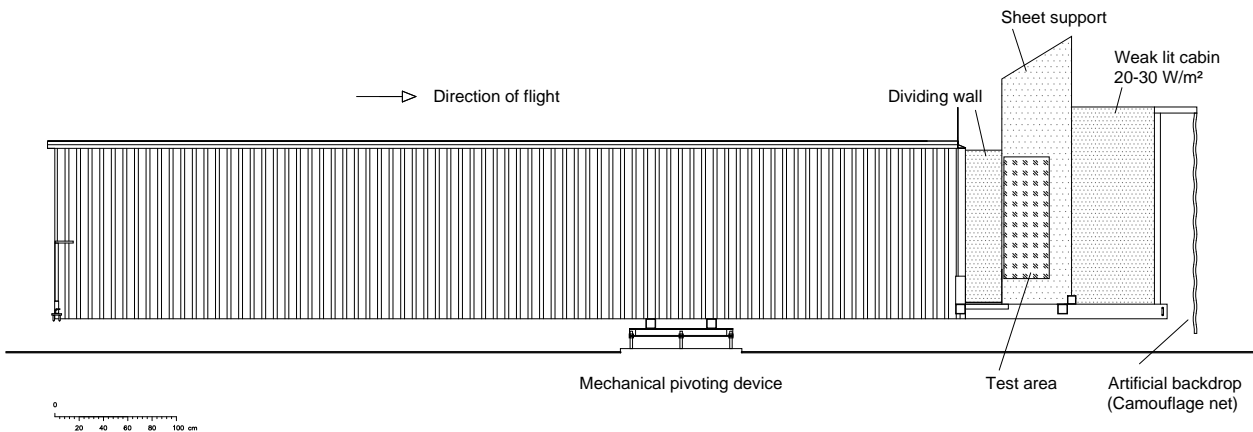


Abbildung 3: Flugtunnel für WIN-Versuche mit der Simulation eines Raumes (*weak-lit cabin*) hinter den Prüfscheiben. Die trapezförmigen Platten (*sheet support*) verhindern die direkte Sicht der Vögel auf Himmel und Vegetation außer über die Prüfscheiben (*test area*). Rechts von den trapezförmigen Platten sind die Seitenwände und der Hintergrund skizziert.

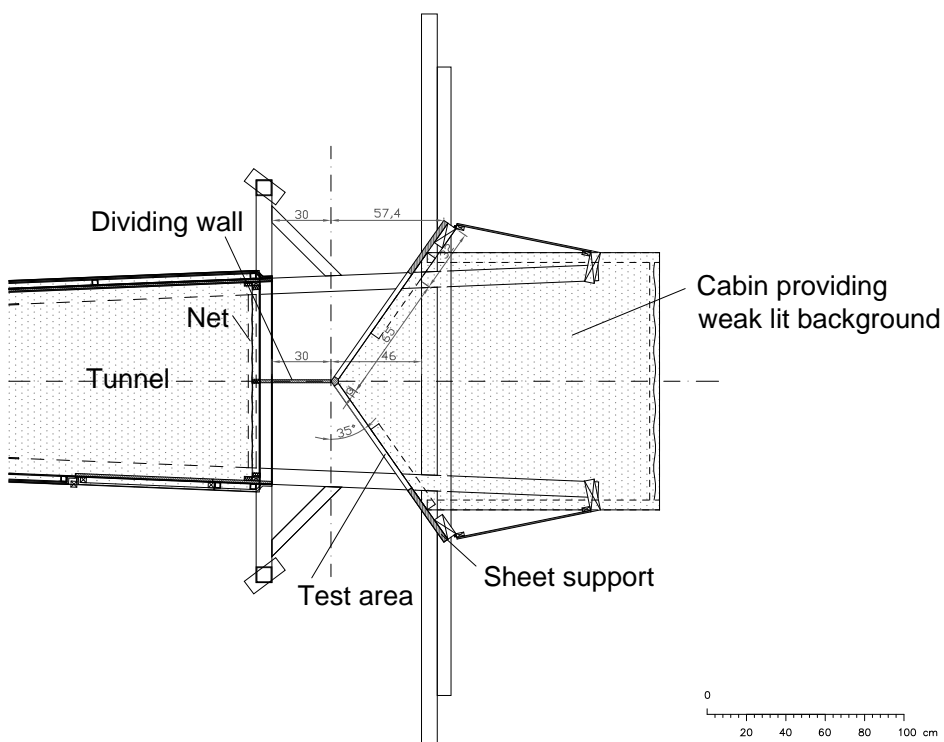


Abbildung 4: Das hintere Ende des Flugtunnels II nach Modifikation für den WIN-Versuch, von oben betrachtet. Die schräg zur Flugachse der Vögel stehenden Prüfscheiben (*test area*) bilden zusammen mit den Seitenwänden, dem Dach und dem Hintergrund

einen Raum mit schwächeren Lichtverhältnissen hinter den Prüfscheiben.

1.3 Datengrundlage

280 WIN-Versuche wurden zwischen 26. August und 27. September 2019 durchgeführt (Tab. 2). 187 Einzelversuche konnten ausgewertet werden. 88 Versuche (31,4 %) mussten ausgeschieden werden. Ursachen dafür waren verweigerter oder zögerlicher Flüge der Testvögel oder, entsprechend einer methodischen Regel, ein Anflugwinkel an das Auffangnetz von weniger als 45 Grad.

Tabelle 2: Zahl der gültigen und ungültigen Einzelversuche.

	Summe	gültig	ungültig	% ungültig
SEEN spiegelnd	139	90	46	33,1
SEEN matt	141	97	42	29,8
Summe	280	187	88	31,4

1.4 Versuchsvögel

Als Versuchsvögel wurden alle Vögel herangezogen, die im Untersuchungszeitraum an der Beringungsstation Hohenau-Ringelsdorf gefangen und beringt bzw. kontrolliert wurden und die für den Versuch geeignet waren. Daraus ergibt sich ein von den lokalen Gegebenheiten geprägtes Artengefüge und eine von der Beringung abhängige Reihenfolge der Versuchsvögel. 28 Vogelarten wurden in die Versuche einbezogen. Tabelle 3 zeigt die Verteilung der Versuchsvögel über die 187 gültigen Einzelversuche.

Tabelle 3: Auflistung der 187 Versuchsvögel (28 Arten) und ihre Verteilung über die Einzelversuche.

Vogelarten			SEEN spiegelnd	SEEN matt	Summe
Bienenfresser	European Bee-eater	<i>Merops apiaster</i>	3	3	6
Wendehals	Eurasian Wryneck	<i>Jynx torquilla</i>	5	3	8
Buntspecht	Great Spotted Woodpecker	<i>Dendrocopos major</i>	1		1
Rotkehlchen	European Robin	<i>Erithacus rubecula</i>	1		1
Blaukehlchen	Bluethroat	<i>Luscinia svecica</i>	1	1	2
Feldschwirl	Common Grasshopper Warbler	<i>Locustella naevia</i>		1	1
Rohrschwirl	Savi's Warbler	<i>Locustella luscinioides</i>		1	1
Schilfrohrsänger	Sedge Warbler	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	11	10	21
Sumpfrohrsänger	Marsh Warbler	<i>Acrocephalus palustris</i>	11	14	25
Teichrohrsänger	Eurasian Reed Warbler	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	3	1	4
Drosselrohrsänger	Great Reed Warbler	<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	3	2	5
Klappergrasmücke	Lesser Whitethroat	<i>Sylvia curruca</i>	1	1	2
Dorngrasmücke	Common Whitethroat	<i>Sylvia communis</i>	4	2	6
Gartengrasmücke	Garden Warbler	<i>Sylvia borin</i>	2	1	3
Mönchsgrasmücke	Eurasian Blackcap	<i>Sylvia atricapilla</i>	2	11	13

Zilpzalp	Common Chiffchaff	<i>Phylloscopus collybita</i>	4		4
Fitis	Willow Warbler	<i>Phylloscopus trochilus</i>	6	4	10
Heckenbraunelle	Dunnock	<i>Prunella modularis</i>	1	1	2
Blaumeise	Blue Tit	<i>Parus caeruleus</i>	2	8	10
Kohlmeise	Great Tit	<i>Parus major</i>	3		3
Neuntöter	Red-backed Shrike	<i>Lanius collurio</i>	11	9	20
Raubwürger	Great Grey Shrike	<i>Great Grey Shrike</i>	1		1
Star	Common Starling	<i>Sturnus vulgaris</i>		4	4
Feldsperling	Eurasian Tree Sparrow	<i>Passer montanus</i>	4	10	14
Grünling	European Greenfinch	<i>Carduelis chloris</i>		2	2
Stieglitz	Goldfinch	<i>Carduelis carduelis</i>	9	6	15
Goldammer	Yellowhammer	<i>Emberiza citrinella</i>		1	1
Rohrhammer	Common Reed Bunting	<i>Emberiza schoeniclus</i>	1	1	2
			90	97	187

1.5 Tageszeitliche Verteilung der Versuche

Abb. 5 zeigt die tageszeitliche Verteilung der Einzelversuche. In Abhängigkeit von der Beringungsaktivität an der Biologischen Station Hohenau-Ringelsdorf – mit der höchsten Vogelaktivität am Vormittag – fanden 64 Einzelversuche (34 %) in den Morgenstunden vor 09:00 Uhr und weitere 69 Versuche (37 %) zwischen 9:00 und 12:00 mittags statt. Insgesamt wurden 133 Einzelversuche (71 %) vor 12:00 Mittag durchgeführt, gegenüber 54 Einzelversuchen am Nachmittag und in den Abendstunden.

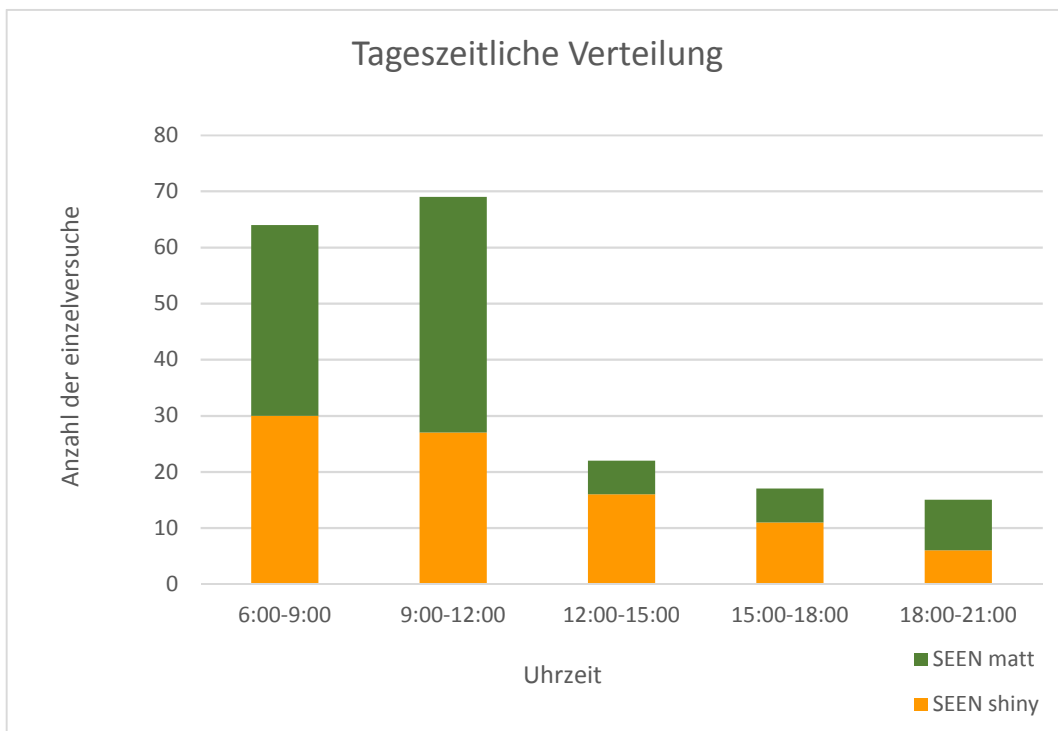


Abbildung 5: Tageszeitliche Verteilung der gültigen Einzelversuche. Orange: SEEN spiegelnd; Grün: SEEN matt

2. Versuchsergebnisse

In insgesamt 187 Einzelflügen wählten 82 von 90 bzw. 88 von 97 Vögeln die Referenzscheibe, während 8 Vögel (9 %) bzw. 9 Vögel (9 %) die jeweiligen Prüflexemplare „SEEN spiegelnd“ respektive „SEEN matt“ anfliegen (Tab. 4). Es ließen sich weder Einflüsse durch Tageslichthelligkeit (Globalstrahlung nach Klassen $>400 \text{ W m}^{-2}$ und $<400 \text{ W m}^{-2}$) noch durch Herkunft des Lichtes (direkte Sonnenbestrahlung, diffuses Licht bei bewölktem Himmel) erkennen (Tab. 5).

Tabelle 4: Wahlentscheidungen der Testvögel in 187 Testflügen. Die Spalte „Prüfscheibe [%]“ zeigt den Anteil der „falschen“ Entscheidungen, also der Anflüge zur markierten Prüfscheibe anstelle der unmarkierten Referenzscheibe.

Prüflexemplar	Summe	Anflüge zu		
		Referenzscheibe (Floatglas)	Prüfscheibe	Prüfscheibe [%]
Summe	187	170	17	
SEEN spiegelnd	90	82	8	9
SEEN matt	97	88	9	9

Tabelle 5: Auswirkung von Lichtstärke (Globalstrahlung $> / < 400 \text{ W m}^{-2}$) und sonnigem bzw. bewölktem Himmel auf den Anteil der Flüge zur Prüfscheibe (fett). Zweiseitige Fishers Exakt Tests zeigten keine Signifikanz.

Prüflexemplar	n	Anflüge zu Prüfscheibe [%]		Summe	Fisher's Exakt Test
		> 400 W m ⁻²	< 400 W m ⁻²		
Globalstrahlung					
		> 400 W m⁻²	< 400 W m⁻²		
SEEN spiegelnd	25	8.0	9.7	87	n.s.
SEEN matt	33	9.1	9.4	97	n.s.
Sonne					
		Sonne	Wolken		
SEEN spiegelnd	64	7.8	11.5		n.s.
SEEN matt	79	10.1	5.6		n.s.

3. Diskussion und Empfehlungen

Das Ergebnis der WIN-Versuche mit SEEN Aluminium spiegelnden und semi-reflektierenden 9mm Punkten, hier als „SEEN spiegelnd“ respektive „SEEN matt“ beschrieben, ist sehr positiv und überraschend. In Anbetracht früherer Versuche erschien ein derart positives Ergebnis aus drei Gründen unwahrscheinlich:

- 1) Um spiegelnden Reflexionen entgegenzuwirken, müssen hochwirksame Glasmarkierungen für gewöhnlich auf Position 1 der Scheibe angebracht sein.

- 2) Die Abstände zwischen den Punkten sind größer als von der 5 cm/10 cm Regel (Handregel) vorgegeben. Diese Regel besagt, dass der Abstand zwischen waagrechten Streifen nicht größer als 5 cm, und der Abstand zwischen senkrechten Streifen nicht größer als 10 cm sein sollte. Anstelle von Streifen werden im gegebenen Fall kleine Punkte im Abstand von 90 mm (in beiden Richtungen) verwendet.
- 3) Der Durchmesser der Punkte beträgt weniger als 10 mm.

Beide Versuche erbrachten jedoch das gleiche positive Ergebnis und können wegen ihrer funktionalen Ähnlichkeit als repliziert angesehen werden. Die Lichtstärke hatte keinen Einfluss auf die Ergebnisse; genauso wenig zeigte das Vorhandensein oder Fehlen von direktem Sonnenlicht einen statistisch signifikanten Effekt. Die Ergebnisse werden durch die hohe Stichprobe bei sonnigen Bedingungen (64 bzw. 79) untermauert. Dies ist von Bedeutung, weil die Beleuchtung des Vordergrunds durch direktes Sonnenlicht für die Bildung von hoch-contrastierenden Spiegelbildern an Glasflächen entscheidend ist.

Zusammenfassend zählen die hier beschriebenen SEEN Markierungen und die neuartige Applikationstechnik zu den wirkungsvollsten Lösungen gegen Vogelschlag, die bisher mit der WIN-Versuchsanordnung (unter Einbezug von spiegelnden Reflexionen an der Scheibenoberfläche) an der Biologischen Station Hohenau-Ringelsdorf getestet wurden. Dementsprechend können wir die Anwendung empfehlen.