

Zamezení nalétávání ptáků do skleněných ploch

**Experimentální zkoušky zaměřené
na účinnost varovného značení skla
za přirozených světelných podmínek v létacím tunelu II**

Martin Rössler

Biologische Station Hohenau-Ringelsdorf

Wolfgang Laube

Philipp Weihs

Universität f. Bodenkultur, Inst. f. Meteorologie

Hohenau a. d., březen 2007

PODĚKOVÁNÍ

za koncepci a konstrukci létacího tunelu II, který byl financován prostřednictvím ASFINAG a BMVIT. Děkujeme panu Werneru Kaufmannovi a paní DI Viktorii Reiss- Enzové za projevenou podporu projektu. Bez nového tunelu by nemohly být prozkoumány četné nově otevřené otázky týkající se účinnosti určitých typů varovných značení skleněných ploch.

Autoři děkují především:

paní Mag. Lidii Brandstätter a pánům	Vedení tunelových zkoušek
DI Christopherovi Schauerovi	Vývoj metody, podpora zkoušek , reflexe
Dr. Erwinu Nemethovi	Statistika

Spolupráce s firmami, které byly pověřeny zhotovením tunelu probíhala vynikajícím způsobem. Tím bylo umožněno začít včas a bez rozjezdových obtíží se zkouškami. Především je třeba poděkovat panu Otmaru Schweinbergerovi za vedení stavby a panu Gregoru Gerlingerovi za exaktní provedení zkušebního tunelu. Paní Mag. Barbara Pitschmann a Josef Schimkowitsch převzali „soft“ práci na tunelu, tedy zařízení sloužící k ochraně zkušebních ptáků a instalaci na zadní stěně tunelu. Mnoho díky patří i měnícímu se týmu kroužkovací stanice Hohenau-Ringelsdorf.

Srdečné díky pánům Prof. Kuno Kirschfeldovi (Tübingen, D), Prof. Danielu Klemovi (Allentown, PA), Dr. Danielu Osoriovi (Brighton, UK), Dr.H. Martinu Schaeferovi (Freiburg, D), Prof. Wolfgangu Schleidtovi (Wien) a prof. Hansu Winklerovi (Wien) za diskusi a podporu v oblasti vědecké.

OBSAH

1	ÚVOD.....	6
1.1	Základní stanovení úkolů.....	7
1.2	Pohled zpět.....	7
1.2.1.	Létací tunel I (2004 – 2005).....	8
1.2.2.	Výsledky zkoušek 2004 – 2005.....	8
1.2.3.	Metodické poznatky	
1.3	Další vývoj a stanovení otázek a metod.....	9
1.3.1.	Hodnocení dosavadní metody.....	9
1.3.2.	Nové proměnné – světlo a kontrast.....	9
1.3.3.	Nová metoda – nakolik příroda, nakolik laboratoř ?.....	10
2	METODA.....	13
2.1.	Tunel.....	13
2.1.1.	Plánování a předběžné zkoušky.....	13
2.1.1.1	Rozměry a geometrie zkušebního tunelu.....	13
2.1.1.2	Vhodná zrcadla (UV-odrazivost).....	16
2.1.2.	Zřízení tunelu	17
2.2.	Měření.....	18
2.2.1.	Měření v laboratoři.....	18
2.2.1.1.	Prostupnost.....	18
2.2.1.2.	Odrazivost.....	18
2.2.2.	Měření světelných poměrů během zkoušek.....	18
2.3.	Plánované zkoušky.....	19
2.3.1	Značené desky.....	19
2.3.2	UV – absorbér v neznačeném akrylu.....	19
2.3.3	Zkouška – sklo – vzduch.....	19
2.4.	Značení.....	20
2.4.1	Zdůvodnění volby.....	20
2.4.1.1	Opakování zkoušek 2004/2005 v létacím tunelu II	20
2.4.1.2	Nová testovací značení: Zmenšení stupně zakrytí	20
2.4.1.3.	Nová testovací značení: Porovnání černá – bílá	20
2.4.2.	Představení kandidátů.....	21
2.4.3.	Odrazivost značení.....	22
2.5.	Prostupnost zkušebních desek.....	23

2.6.	Panující světelné poměry při pokusech.....	24
2.6.1.	Světelná intenzita celkového záření.....	24
2.6.2.	Světelná intenzita za zkušebními deskami.....	25
2.6.2.1.	Intenzita světla a denní doba.....	25
2.6.2.2.	Intenzita světla při slunci a oblačnosti.....	25
2.6.2.3.	Souvislost mezi celkovým. zářením a intenzitou světla v pozadí desek	25
2.7.	Model k dodatečnému zjištění kontrastu.....	27
2.8.	Časový prostor zkoušek.....	28
2.9.	Zkušební ptáci.....	28
2.10.	Předběžné a kontrolní zkoušky.....	30
2.10.1.	Předběžné zkoušky.....	29
2.10.2.	Kontrolní zkoušky.....	30
2.11.	Vyhodnocení dat.....	30
2.11.1.	Vyhodnocení videa.....	30
2.11.2.	Vyhodnocená a neschválená data.....	30
2.11.3.	Statistické metody.....	31
3	VÝSLEDKY.....	32
3.1.	Přehled datového materiálu.....	32
3.2.	Výsledky zkoušek.....	32
3.2.1.	Přehled výsledků.....	32
3.2.2.	Značky.....	33
3.2.3.	UV-absorber v neoznačovaném akrylu.....	33
3.2.4.	Zkouška sklo – vzduch.....	33
3.3.	Výsledky zkoušek s ohledem na světelné podmínky.....	34
3.3.1.	Vliv celkového záření	34
3.3.2.	Vliv intenzity světla za deskami.....	35
3.3.3.	Vliv přímého slunečního záření.....	36
4	DISKUSE.....	37
4.1.	Metodická integrita zkoušek.....	37
4.1.1.	Rovnoměrné rozložení zkušebních desek na levé a pravé straně.....	37
4.1.2.	Rovnoměrné rozložení náletů na levou a pravou stranu.....	37
4.1.3.	Rovn. Rozlož. „správných“ a „chybných“ rozhodnutí na levou a pravou str.....	38
4.1.4.	Metodická integrita zkoušek.....	39

4.2.	Diskuse k výsledkům zkoušek.....	39
4.2.1.	Neznačené sklo není viditelné.....	39
4.2.2.	Konstantně dobrá účinnost „Akrylu horizontálně“(PLEXIGLAS ROUNDSTOP®).....	39
4.2.3.	Široké středové pole nevykazuje žádné rozdíly.....	39
4.2.4.	Světelné poměry v pozadí dávají odchylku.....	39
4.2.5.	Záleží na zkušebních podmínkách.....	40
4.3.	Analýza literatury ke světlu, vnímání a chování.....	41
4.3.1.	Intenzita a skladba světla	41
4.3.1.1.	Výpočet intenzity světla.....	41
4.3.1.2.	Vyzařování přímého slunečního záření a difuzního záření	41
4.3.1.3.	Složení světla.....	42
4.3.1.4.	Význam proměnlivého okolního světla pro barvu a kontrast.....	44
4.3.2.	Vnímání a chování.....	44
4.3.2.1.	Šest fotoreceptorů a olejových kuliček.....	44
4.3.2.2.	Barevné vnímání.....	45
4.3.2.3.	Význam chromatických kontrastů.....	47
4.3.2.4.	Vnímání jasu se děje v delší oblasti viditelného spektra.....	48
4.3.2.5.	Význam achromatických kontrastů (Kontrasty světlý-tmavý).....	48
4.4.	Důsledky teoretických úvah.....	49
4.4.1.	Dichotomie vidění	49
4.4.2.	Slepé uličky siluet dravých ptáků.....	49
4.4.3.	Slepé uličky UV-značení?.....	50
4.4.4.	Existují účinná varovná značení?.....	51
4.4.4.1.	Co je účinnost?.....	51
4.4.4.2.	Signifikantně lepší než účinný.....	51
4.4.5.	Aktualizovaná doporučení.....	52
4.5.	Další kroky.....	52
4.5.1.	Další experimenty.....	52
5.	SHRNUTÍ.....	54
6.	LITERATURA.....	55

1 ÚVOD

Kolize se skleněnými deskami náleží u ptáků k nejdůležitějším antropologicky podmíněným úmrtnostním faktorům (KLEM 1990). Ke kolizím dochází jak v oblastech osídlených, kupř. na skleněných fasádách, tak i v otevřené krajině, kupř. podél dopravních cest (protihlukové stěny) apod. Týkají se ptáků nespecificky, tedy nezávisle na druhu, stáří nebo pohlaví. Varovné značení skleněných ploch se považuje za cestu k zamezení narážení ptáků do nich. Ke zkoušení a zvyšování účinnosti takových varovných značení je zapotřebí provádět seriózní průzkum v oblasti průniku plánování a ochrany ptactva, které zahrnují jak estetické nároky uživatelů a případných obyvatel, tak i požadavky Ochrany ptactva (vgl. RICHARZ 2001).



Obr. 1: Nový zkušební tunel („poletový tunel II“) v Hohenau-Ringelsdorfu má umožnit pokračování ve výzkumech z let 2004 a 2005 při rozšířených možnostech zařízení a umožnit tak vytvářet lepší prognózy týkající se účinnosti varovných značení směřujících k redukci nárazů ptáků do skleněných ploch. Letový tunel II na obr. mimo provoz, zrcadlo zakryta.

Neúčinnost nalepených siluet dravých ptáků byla mnohokrát ověřena a potvrzena (kupř. KLEM 1990, TRYBUS 2003). Vzpomínaná účinnost (BUER & REGNER 2002) lidem neviditelných, ale ptáky vnímaných UV-reflexních značení byla prokázána (LEY 2004) a v jednom případě potvrzena i za umělého osvětlení. Na Biologické stanici Hohenau-Ringelsdorf (Dolní Rakousko) se pracuje na varovných značeních, která jsou lidským okem viditelná a podstatně účinnější (viz kap.4.4).

Experimentální výzkumy v Biologické stanici Hohenau-Ringelsdorf probíhají od roku 2004. Navazují na provoz kroužkovací stanice (Kap. 1.2.1.). Hohenauerské zkoušky jsou velkou měrou provázány kontrolními a opakovacími zkouškami (Kap. 2.10), které prokazují vysokou reprodukovatelnost výsledků a umožňují spolehlivou diferenciaci mezi jednotlivými druhy značení, při kterých je dosahováno statistického potvrzení.

V letech 2004 a 2005 byly v popředí zájmu tvar, hustota, velikost a stupeň zakrytí¹ daného varovného značení. Pro komplexní zodpovězení otázek na účinnost světla a kontrastu bylo zapotřebí vytvoření nového konceptu a nového zařízení. Z toho důvodu byl pro rok 2006 vyvinut nový vyšetřovací koncept a zkoušení bylo na bázi stávajících výsledků rozšířeno. K tomu účelu bylo zapotřebí vytvořit konstrukci a koncepci nového otočného létacího tunelu se stranovým zrcadlením slunečního světla (Obr. 1). Zakázka byla zadána prostřednictvím organizace ASFINAG (Autobahnen- und Straßenfinanzierungs AG) und BMVIT (Bundesministerium für Verkehr, Infrastruktur und Technologie). Zkoušky v letech 2004 a 2006 byly zaštiťovány vídeňským ústavem WUA (Wiener Umweltanwaltschaft), a doplněny zakázkami města Vídeň (MA 29) a firmy Para-Chemie.

Průzkum nových a optimalizace účinných varovných značení (kupř. minimální stupeň zakrytí, nejmenší velikost objektu, atd.) budou i v budoucnu nutným průvodním znakem našich pokusů. Skutečnost, že se při pokusech ukázalo značení s 2mm širokými pruhy a stupněm zakrytí jen 6,7% jako účinné (Akryl horizontál) ukazuje, že tu možná vzniká velký prostor pro redukování eventuálně rušivé viditelnosti varovných značení (RÖSSLER 2005).

1.1 Základní stanovení úkolů

Základní otázkou je: Jsou určité druhy varovného značení ptactvem vnímány a bude tím pro nalétávající ptáky signifikantně zmenšeno nebezpečí kolize se skleněnou plochou?

Hledají se varovná značení s

- pokud možno vyšším stupněm redukce kolizí
- pokud možno malým stupněm zakrytí
- pokud možno malými výrobními náklady a vysokou životností
- pokud možno vysokým stupněm veřejné akceptovatelnosti

Toto stanovení požadavků má být prokázáno experimentálně za světelných podmínek blízkých skutečným.

1.2 Pohled zpět

1.2.1. Poletový tunel I (2004 – 2005)

Hohenauerský koncept z roku 2004 vychází ze synergií s kroužkováním ptáků kroužkovací stanice Hohenau-Ringelsdorf a vychází z koncepce podrobit ptáky ve zkušebním tunelu volbě mezi značenými a neznačenými plochami (deskami). První zkušební tunel „Poletový tunel“ o délce 7,50m se nacházel ve volné přírodě poblíž kroužkovací stanice. Je podrobně popsán v materiálu RÖSSLER & ZUNA-KRATKY (2004).

Základní koncepce:

¹ **Stupeň zakrytí:** Podíl polepené plochy na celkové ploše desky. Kupř. dva pruhy, 1cm široké, 100cm dlouhé (200cm²) na desce 50cm široké, 100cm dlouhé (5.000cm²): Stupeň zakrytí 4%.

- Tendence ptáků letět z tmavého prostoru do světla (atraktor světla)
- Vysoká účinnost při kombinaci s chytáním do sítí (360 m² Japonská síť) a pokusy na 1m² skleněné plochy (výměnné zkušební desky)
- Omezený počet proměnných, velká četnost vzorků, statisticky zaznamenatečné rozdíly mezi jednotlivými varovnými značeními
- Žádné skutečné kolize, žádné smrtelné oběti, ptáci jsou před kolizí chytáni do japonských sítí
- Kompletní videodokumentace všech zkušebních letů
- Příznivá doba zkoušek: Červenec / srpen – po době rozmnožování, velký výskyt ptáků
- 1.000 ptáků za rok -> 10 zkušebních období za rok ($n > 90$)

V létacím tunelu I neodpovídaly poměry osvětlení zkušebních desek těmto ve volné přírodě. Tato okolnost byla zprvu nedůležitého významu, neboť nejdříve musely být testovány principiální vzorky vizuálního vnímání a na ně navazujícího chování.

1.2.2. Výsledky zkoušek 2004 – 2005

V létacím tunelu I bylo vyšetřeno 13 různých varovných značení v 1996 experimentech (RÖSSLER & ZUNA-KRATKY 2004, RÖSSLER 2005).

- Jedno varovné značení se ukázalo jako neúčinné
- Dvanáct značení se stupněm zakrytí mezi 6,7 a 25% se ukázala jako účinná
- Stupeň zakrytí a účinnost se neukázaly jako nutně související
- Bylo identifikováno pět varovných značení se stupněm zakrytí $< 20\%$ a způsobily vyhnutí se ve více než 90% experimentů
- Byly identifikovány tři značení se stupněm zakrytí $< 20\%$ a způsobily vyhnutí se ve více než 95% experimentů
- Horizontální pruhy v odstupu 10cm byly signifikantně méně účinné než vertikální pruhy se stejným odstupem 10cm
- Horizontální značení s 2mm širokými černými pruhy (odstup 2,8cm, stupeň zakrytí 6,7%) se prokázaly jako účinné.
- Sítotiskem zhotovená značení se stupněm zakrytí 25% byla méně účinná než značení provedená nalepenými pásky se stupněm zakrytí 16 až 27%

1.2.3. Metodické poznatky

- Výsledky u varovných značení podrobovaných zkouškám v letech (2004 – 2005) ukazují, že jsou výsledky opakovatelné a že vzorek cca 100 ptáků je dostatečný
- Video dokumentace je nezbytná (viz RÖSSLER 2005 a Kap. 2.11).
- Časová denní aktivita ptáků: 50% ptáků je pro experimenty k dispozici mezi 5:00 a 9:00 hod; neboť aktivita ptáků – úspěch chytání – a experimenty jsou v těsné časové souvislosti a poskytují automaticky skutečnost, že se experimenty konají v období reprezentativních denních světelných poměrů.

- Poloha slunce ovlivňuje pokusy, protože přímý vliv slunečního záření musí být vyloučen, nebo sluneční světlo musí přicházet ze stále stejného směru.

1.3 Další vývoj a stanovení otázek a metod

1.3.1. Hodnocení dosavadní metody

V letech 2004 a 2005 byla pozornost věnována výlučně tvaru (velikosti, uspořádání a stupni zakrytí atd.) jednotlivých varovných značení. Za pomoci výsledků mohly být zprvu v oblasti velice podobných značení nalezeny statisticky ověřené rozdíly. Od léta 2005 se však objevily nové úvahy týkající se zlepšení vyšetřovací metody. Posuzovány byly různé aspekty vyšetřovací metody. Mimo pochybnost byly stanoveny tyto principy:

- Zkouška volbou
- Zkušební tunel
- Divocí ptáci, jediný let
- Náhodné řazení značení
- Náhodné umísťování značených desek nalevo resp. napravo
- Výměna zkušebních desek vždy po třech pokusech
- Vzorek $n = +/- 90$
- Videodokumentace

1.3.2. Nové proměnné – světlo a kontrast

Dosud zanedbávanou složkou v létacím tunelu I byl jak se zdá vysoký kontrast vůči pozadí, který v důsledku tmy na straně ptáka a denního světla v pozadí desek neodpovídal logicky situaci v přirozeném prostředí. Úvahy týkající se dalšího rozvíjení metody se musely tímto problémem zabírat. Za účelem odhadu účinných proměnných byla aplikována fyzika světla, současná znalost optických smyslových schopností, jakož i chování ptáků.

Čím více kontrastuje nebezpečná skleněná plocha s přirozeným životním prostředím a vysílá tak varovné signály, tím menší by mělo být riziko kolize pro ptáky. Evolučně – biologicky se v přírodě vyvinuly četné optické vztahy, kupř. mezi dravci a oběťmi, mezi potenciálními pohlavními partnery, mezi květy a opylovači, a mezi plody a jejich rozsévači (Kap. 4.3.2.).

Následující proměnné jsou pro kontrastní účinky skleněných ploch rozhodující:

- Optické vlastnosti varovných značení
- Optické vlastnosti skleněných ploch
- Světelné poměry před a za deskami

Za pomoci nového létacího tunelu mělo být možné, uplatňovat rozhodující fyzikálně-optické faktory a jejich variabilitu. Rozhodujícími pro to jsou:

- Osvětlení zkušebních desek na straně přivrácené k ptákovi
- Měření optických vlastností varovných značení a skleněných ploch
- Zaznamenávání a modelování světelných poměrů během pokusů

1.3.3. Nová metoda – nakolik příroda, nakolik laboratoř?

K diskusi bylo, jak moc má být pokus ze „semi-přirozeného zkuškového designu“ přepracován na umělé laboratorní prostředí, resp. jak mají být vypořádány některé speciální požadavky při dodržení „semi-přirozeného nasazení“ ve volné přírodě. Především tato rozhodnutí:

- Umělé nebo přirozené světlo
- Umělé nebo přirozené pozadí

..je velice obtížné učinit. Při rozhodování mezi umělým osvětlením a přirozeným světlem byla stanovena rozličná kritéria a obě varianty vyzkoušeny (Tab. 1). Vztít v úvahu je třeba i speciální rámcové podmínky, kupř. že kroužkovací stanice není napojena na distribuční elektrickou síť. Při volbě pozadí zase usnadňují volbu příznivé předpoklady homogenní vegetace.

Tabulka 1: Kritéria volby světelného zdroje, přednosti a nedostatky umělého a přirozeného osvětlení a koncepční důsledky pro létací tunel II.

Kritérium	Umělé světlo	Denní světlo
Žádná rušivá světla v létacím tunelu	Možné reflexe v důsledku použití bodových zdrojů jsou problematické	Možné, jsou-li desky montovány před tunelem a sluneční světlo je odraženo zrcadly
Nepulsující osvětlení k vyloučení nepřirozených stroboskopických efektů na varovných značeních	Problematické; 50Hz nebo vf při vzniku oblouku u zářivek, pro klasické žárovky a LED možné	Ano
Paralelní dopad světla	Jen při velkých výdajích na optiku (Parabolická zrcadla nebo čočkové systémy)	Ano
Symetrický dopad světla	Ano	Ano, je-li tunel otáčivý
Stejněměrné nasvícení desek	Možné, vysoké náklady	Proveditelné pro přímé sluneční světlo, pro difúzní světlo závislé na horizontu
Dopad světla beze stínů	Ano	Ano, může-li být vyloučen přímý dopad slunečního světla na desky pro všechny polohy slunce (sluneční clony)
Spektrální složení světla identické s přirozým světlem od 350nm	?	Ano, když zrcadla odrážejí UV-A-světlo (zrcadla s chromem na povrchu ?, UV-A-průchodnost použitého skla ?)
Pozadí desek	Nutně umělé, jinak vznikají rušivé proměnné; osvětlení ekvivalentní přední straně desky; atraktor možná slabý; nutné úplné uzavření	Buď umělé (atraktor možná slabý, stíny při nízké poloze slunce z tunelu) nebo přirozená vegetace (atraktor známý, silný, kontinuita s r. 2004-2005 dána, v důsledku otáčivosti tunelu konstantní úhel dopadu světla.
Stabilita vůči větru a absence vibrací	Ano	Ano, při solidní konstrukci (ukotvení

otáčivého tunelu a podepření vysokých zrcadel)

Záznam proměnných (závislý na zamýšlené přesnosti: minimální tolerance při umělé simulaci, vyšší při „semipřirozených“ zkušebních podmínkách)	Kontrola spektrálního složení světla, velmi nákladné	Trvalé měření intenzity světla (Pyranometr) s ukládáním dat na dataloger ; pro každý zkušební let jsou k dispozici data; osvětlení v určitém modelu dovypočitatelné
Obslužitelnost	Komplexní: napájení agregátu, přehřívání lamp, údržba elektrického zařízení, kontrolní měření emitovaného světelného spektra	Jednoduché: donastavení tunelu ekvivalentně postavení slunce, zakrytí zrcadel během prodlev k zamezení kolizí ptáků, pravidelné čtení dat z datalogeru (viz.v.)
Napájení energií	Agregát pro osvětlení	Jen malé přístroje s akumulátory
Náklady	Vysoké a průběžné náklady	Vysoké, ale jednorázové

Jeden určitý stav osvětlení se skládá z velkého počtu proměnných (přímé sluneční záření, difuzní záření oblohy, země, vegetace a objekty odrážené záření, Kap. 4.3.1.) a je závislý na expozici desky, poloze slunce, povětrnostních podmínkách a atmosféře. Pokušení je nabídnout prostřednictvím použití známé konstantní intenzity světla a spektrálního složení simulovat určitou světelnou situaci. Avšak i při úplné maximalizaci techniky která je v současné době k dispozici vznikají při použití elektrického osvětlení problémy (viz Tab. 1).

- Světelné paprsky vycházející ze zdrojů světla v určité konečné vzdálenosti nedopadají paralelně a vedou v důsledku toho ke vzniku gradientů intenzity světla (Lambertův kosinový zákon)².
- Reflexe bodových zdrojů ve směru letu ptáka. K jejich zabránění musí přicházet světlo ze strany. Z geometrie tunelu a možných drah letu ptáků vznikají pro body blízko okraje desky s dopadem světla pod úhlem cca 35°, a pro body vzdálené okraji, tedy „uprostřed desky“, úhel dopadu < 10°.
- Jak s klasickými žárovkami tak i se zářivkami nebo LEDkami se nedá dosáhnout běžnému očekávání odpovídající simulace denního světla. Vysoký a především konstantní výkon napájení lze v přírodě (agregát) dosáhnout jen obtížně, světelný výkon osvětlovacích těles kolísá s provozní teplotou osvětlovacích těles (musí být průběžně v provozu) a podléhá stárnutí (v.t. LED).
- Při definovaném osvětlení popředí desek se musí k vytvoření kontrastních tříd také definovaným způsobem osvětlovat jejich pozadí. To by znamenalo úplné uzavření , vedlo k oddělení denního světla a vegetace a vedlo k nastolení nových otázek týkajících se přirozených poměrů.

*Podtrženo, sečteno nelze při umělém osvětlení v požadovaném rozsahu zajistit jasně definovanou a na světelné podmínky v přirozeném prostředí převoditelnou situaci. Z toho důvodu muselo být po několika experimentech upuštěno od nasazení „ umělého osvětlení „. Z podobných důvodů, totiž že výhody převažují jen zdánlivě, bylo upuštěno i od umělého pozadí v jednotné šedé.

² Lambertův kosinový zákon: Vztah mezi intenzitou světla a úhlem dopadu. Intenzita světla s rostoucím kosinem úhlu dopadu klesá. Čím je úhel dopadu menší, tím menší je hustota záření a také intenzita světla ; viz také.4.3.1.1.

Variabilita světla a pozadí byla tedy vzata v úvahu vědomě a nahodilost případného stavu byla akceptována jako „přirozené poměry“. To musí být při vyhodnocování výsledků vědomě zachováno. Mnohé ovlivňující veličiny jsou ovšem měřitelné a dokumentovatelné a mohou být prostřednictvím modelu (kap. 2.7) pro momenty jednotlivých experimentů akceptovány.

2 METODA

2.1. Tunel

2.1.1. Plánování a předběžné zkoušky

Během zkoušek v roce 2005 vznikly první náznaky a skizy pro nové uspořádání pokusů. Od prosince 2005 se konkretizují koncepty prostřednictvím spolupráce mezi Biologickou stanicí Hohenau-Ringelsdorf a Institutem pro Meteorologii University für Bodenkultur (volně..Uni pro kulturu krajiny). Praktické zkušenosti se specifickým průběhem pokusů a konkrétní představy o vhodných zkušebních podmínkách ve spojení s odbornými znalostmi o záření, složení světla a měření a interpretaci fyzikálních parametrů.

2.1.1.1. Rozměry a geometrie zkušebního tunelu

Základní rozměry nového zkušebního tunelu se neodchylují od těchto u Letového tunelu I, avšak namísto pravoúhlého půdorysu byl zvolen trapézový (viz níže). Rozměry jsou : Délka 7,50m, výška 1,30m, Šířka vpředu (bez obložení) 1,25m, vzadu 0,40m. Zkušební desky jsou (0,50 x 1,00m) namontovány v přídržném zařízení 0,30m před tunelem a jsou snadno vyměnitelné. Přídržné zařízení sestává z upínací desky, která je dimenzována co do velikosti tak, aby byly obloha a vegetace viditelné zevnitř tunelu pouze a jen přes zkoušené desky. V závislosti na dráze letu přicházejí zrcadla do zorného pole nejdříve 20cm před zachytnou sítí (při rychlosti 5ms^{-1} : 0,04s před kolizí se sítí.)

Tunel je uložen ve svém těžišti horizontálně otočný na otočném věnci a může být bez velkého úsilí donastavován podle měnícího se úhlu dopadu paprsků slunce. Dozadu se zužující tvar ($2,5^\circ$) umožňuje nastavení v toleranci 5° , po dobu asi 20min. Během tohoto intervalu nemusí být tunel donastavován. Až do výšky slunce 50° dopadá přímé sluneční světlo (pokud svítí) v každou denní dobu na každý bod zkušební desky. Sluneční clona nad komorou tunelu zaručuje, že přímé sluneční světlo dopadá na desky výlučně přes zrcadla a vylučuje vytváření stínů na varovných značeních.

Rozměry zrcadel získáváme (0,65 x 2,50m) z průchodu paprsků světla, vzdálenosti od desek, šířky desek a kritické polohy slunce (50°). Úhel zrcadel k rovině slunečních paprsků činí 32° , a úhel dopadu na desky tedy odpovídajícím způsobem 26° . Z Lambertova kosinového zákona (Kap. 4.3.1.) vyplývá intenzita osvětlení cca 35% této intenzity v případě přímého svitu. Toto přímé odražené sluneční světlo má na každém místě značené desky stejnou intenzitu osvětlení.

Následující úvahy a zkoušky předcházely vlastnímu provedení tunelu:

- Modelové zkoušky k získání geometrických poměrů při zrcadlení slunečního světla: Model tunelu byl vyroben jednoduchými prostředky a působení slunce bylo simulováno v poslechovém sále silným zdrojem světla (Obr. 2). Tímto způsobem byla měřena výtěžnost světla při rozličných uspořádáních a velikostech zrcadel. Když byly známy rozhodující faktory, byly provedeny výpočty týkající se polohy, velikosti a úhlu zrcadel. Obr. 3 ukazuje provedení ve výrobní hale.

- Jeden takový experiment v letovém tunelu trvá několik sekund, během nichž pták adaptovaný na jasné světlo vystartuje z tmavé startovací trubice dopředu směrem ke světlu, a rozhoduje se k úniku ve směru levé nebo pravé desky a je přitom zachycen sítí. Protože síť až o 30 cm povolí, nesmějí být skleněné desky vzdáleny od sítě méně než 30cm, protože jinak by představovaly pro ptáka ohrožení života.. Vzdálenost od desek větší než 40cm je při velikosti zkušebních desek 50 x 100 nepříznivá, neboť pak už desky nedominují v zorném poli ptáka. Vzdálenost mezi tunelem a zkušebními deskami určuje množství a rozdělení vnikajícího difuzního světla z oblohy a vegetace.. Čím blíže jsou desky tunelu, tím menší je výtěžnost difuzního záření a tím menší je osvětlení desek při absenci přímého slunečního záření při oblačné obloze.
- Zatímco přímé sluneční světlo je přes zrcadla odraženo rovnoměrně na každý jednotlivý bod zkušebních desek, je jejich ozáření difuzním světlem závislé na tom, kolik oblohy je z různých bodů na desce vidět (viz Obr. 4). Čím větší je vzdálenost mezi tunelem a zkušebními deskami, tím vyšší je intenzita světla při poměrech bez silného slunečního záření.



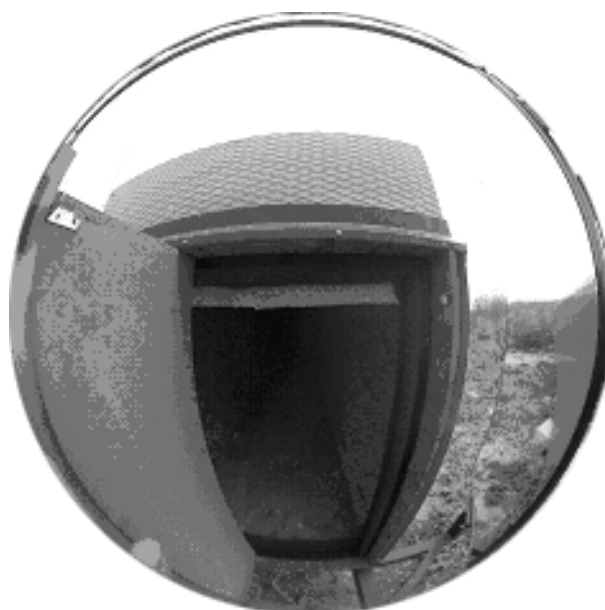
Obr. 2: V laboratoři byla vhodnost zrcadel testována ve zjednodušených zkouškách a zjišťován příznivý průběh paprsků.



Obr. 3: Od modelu k uskutečnění: zde zrcadla (0,65m x 2,50m) na skoro hotovém zkušebním tunelu ve výrobní hale.

Při volbě vzdálenosti mezi skleněnými deskami a tunelem je třeba brát v úvahu následující:

- Čím větší je vzdálenost mezi deskami a tunelem, tím větší může být zvolen úhel, pod kterým dopadá sluneční světlo na zkušební desky, tím širší a vyšší musí však být volena zrcadla.
- Čím blíže jsou desky k tunelu, tím více šikmo musí být přímé sluneční světlo na desky přiváděno, tím menší je intenzita světla v důsledku Lambertova kosinového zákona a tím menší i výtěžnost difuzního záření.



Obr. 4: Záznam rybím okem z roviny skleněných desek. Vlevo : Oddělovací stěna mezi zkušebními deskami,
Vpravo: Zrcadlo, rozpoznatelné na lehké diskontinuitě struktury)

Tabulka 2: Denní doby pro překročení a návrat do 50°-vé polohy slunce a nejvyšší poloha slunce pro kroužkovací stanici Hohenau-Ringelsdorf, 2006.

Datum	Polohy slunce 50° dosaženo		Nejvyšší poloha slunce (°)
	stoupající	sestupující	
01.07.	10:20	15:35	64,5
08.07	10:25	15:30	63,9
15.07	10:30	15:25	62,9
22.07	10:35	15:20	61,7
29.07	10:45	15:10	60,1
05.08	11:00	14:55	58,4
12.08	11:10	14:40	56,3
19.08	11:30	14:20	54,1
26.08	12:00	13:50	51,8
31.08	žádné překročení		50,0

Respektování průběžných změn polohy slunce

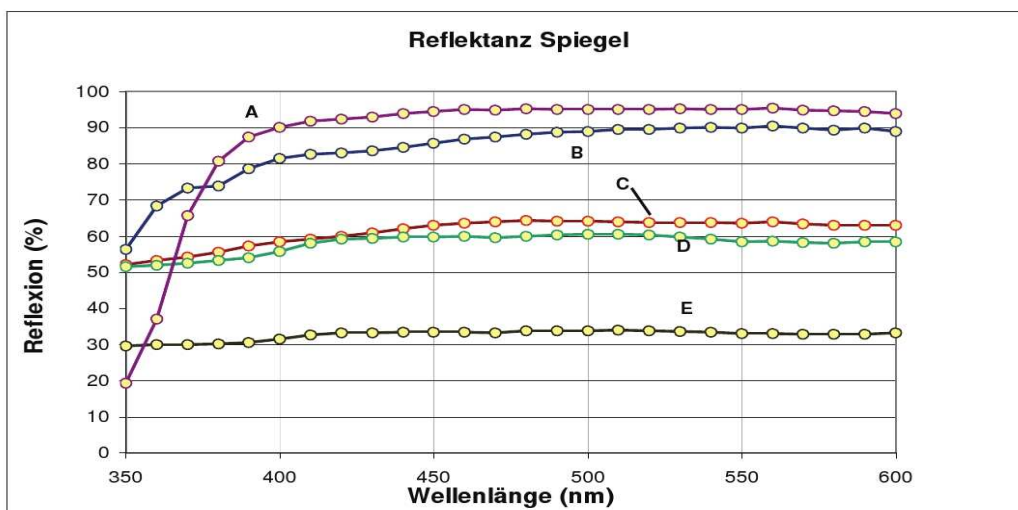
- Časová omezení v důsledku výšky slunce a výšky zrcadel: v plánu tunelu byla maximální pracovní výška slunce stanovena na 50°, aby bylo možné udržet výšku zrcadel na 2,50m. Z toho pak vyplývají časová omezení. Tab. 2 představuje kritické časové hodnoty a nejvyšší polohu slunce pro různé kalendářní dny pro Hohenau. Časová omezení představovala na začátku prosince pět a pro začátek srpna čtyři hodiny. Protože na základě zkušeností že 50% ptáků je pochytáno do 9 hodin a jen velmi málo kolem poledne, lze konstatovat, že tato omezení mohou být akceptována, aniž by došlo ke ztrátě řady experimentů.

- Potřebná byla navíc jistá tolerance vůči pohybu slunce, který činí v průměru 15° za hodinu. Aby se zrcadla při malé výšce slunce nedostávala neustále do stínu letového tunelu, byl navrhnout půdorys tunelu trapézovitého tvaru.

2.1.1.2. Vhodná zrcadla (UV-odrazivost)

Protože muselo být na varovné značení přenášeno UV-A záření (350 – 400nm), uvažovalo se nad tím, zda posklenná zrcadla mohou vůbec tento požadavek splnit (z důvodu možné absorpce UV záření), či zda budou muset být aplikována zrcadla povrchová. Protože se nejprve žádný výrobce povrchových zrcadel nenašel, nechali jsme nejprve pochromovat u galvanizérů mosazné desky, a posuzovali reflexi různých kvantitativních stupňů a porovnávali je s běžnými současnými skleněnými zrcadly dobré kvality. V poslední chvíli jsme obdrželi ještě jeden vzorek průmyslově vyráběného speciálního zrcadla, o jehož složení nám ale není nic známo.

Výsledky Doppelmonochromatických měření jsou znázorněny na obr. 5. Křivky představují spektrální odrazivost zrcadla měřenou v 10nm krocích v % přímo dopadajícího světla. (K měř. Metodě viz 2.2.1).



Obr. 5: Odrazivost jednoho průmyslově vyráběného povrchového zrcadla (A), jednoho průmyslově vyráběného stříbrného zrcadla s 3mm float-sklem (B), a tří pochromovaných kovových desek různé kvality vyleštění (C,D,E). Povrchové zrcadlo (A) odráží viditelné spektrum světla lépe než konvenční zrcadlo (B), je však horší vůči konvenčnímu zrcadlu v UV-oblasti. Pochromované desky (C-E) mají obecně velmi neuspokojivou odrazivost.

UV – odrazivost činila při 350 nm ve dvou případech (A,E) méně než 50%, pochromované desky vykazovaly přes značné rozdíly ve stupni povrchového zpracování hodnoty těsně vedle sebe kolem 52% a stříbrné zrcadlo dosáhlo přes 3mm float sklo 56%. Celková odrazivost je u pochromovaných desek (C-E) podstatně menší než je tomu u A a B.

Celková odrazivost speciálního zrcadla (A) je ve více než 90% ve viditelné oblasti světla o něco lepší než tato u běžného zrcadla (B). Vedle finančního aspektu poskytla však malá UV- odrazivost A, důvod k jeho vyřazení. Volba padla na běžné skleněné - stříbrné zrcadlo (B).

2.1.2. Zřízení tunelu

Létací tunel byl vyroben firmou Otmar Schweinberger, Landmaschinen- und KFZ-Werkstätte, 2273 Niederabsdorf ve výrobní hale. Po vyrobení základní konstrukce, ve které byla ukotvena kostra z jedné metrové závitové tyče určených k pozdější montáži otočného věnce, byl tunel odtažen traktorem k montážnímu místu a na závěr za pomoci hydrauliky traktoru postaven přesně na předem horizontálně vyvážený otočný věnec, a poté s ním svařen.



Obr. 6: Za pomoci podvalníku byl tunel přivezen ke kroužkovací stanici



Obr.7: ...a na přesně horizontálně vyváženém otočném věnci svařen.

Tunel byl *na čas a v rámci rozpočtu* vyroben, aniž by byly zjištěny jakékoliv plánovací, konstrukční či jiné závady, které by zapříčinily potřebu jakýchkoliv dodatečných korekcí.

Tabulka 3: Pracovní kroky při stavbě a zřízení Létacího tunelu II.

Kalendářní měsíce	Pracovní kroky
21. týden	Přířezání desek, sestavení dřevěné konstrukce, zhotovení nosné konstrukce z tvarových trubek.
22. týden	Nástavby pro zrcadla a nosné desky pro zkušební desky, nastavení zrcadel.
23. týden	Dodávka zrcadel, lakovací práce, zhotovení staveniště.
24. týden	Fundament a montáž otočného věnce na staveništi, kalibrace Pyranometru, a Datalogeru.
25. týden	Zbudování tunelu: Dodávka tunelu pomocí podvalníku, doprava tunelu na staveniště po vlastní ose, sestavení otočného věnce a horizontální vyrovnaní tunelu, zajištění proti větru, měření světla, první létací zkoušky.
26. týden	Oplechování, lehké práce (bezpečnost ptáků, startovací box), létací zkoušky, standardní měření světla
27. týden	Normální provoz zařízení

2.2. Měření

2.2.1. Měření v laboratoři

Optická měření byla prováděna ve světelné laboratoři Institutu pro meteorologii University pro kulturu krajiny, v černě vyloženém prostoru. Měřilo se Doppelmonochromátorem (Jobin Yvon HRD1, 650mm, s Hamamatsu Photomultiplier Tube 8250 U) a halogenovým světlem (H3 s UV-propustným světelným válcem) ve spektrálním rozsahu od 300nm až po 600nm v 10nm-krocích.

2.2.1. Propustnost desek

Pro měření propustnosti byly skleněné desky namontovány ve vzdálenosti 60cm od vstupní drážky Monochromátoru kolmo k optické ose vstupu monochromátoru. Zdroj světla se nacházel v optické ose za zkušebními deskami. Referenční měření byla prováděna v identickém uspořádání bez skleněných desek.

2.2.1.2. Odrazivost varovných značení

Pro měření odrazivosti byly skleněné desky montovány vertikálně ve vzdálenosti 15cm od vstupní šterbiny monochromátoru. Zdroj světla se nacházel pod zkušebním tělesem, světlo bylo přiváděno na desky povrchovým zrcadlem v malém úhlu vůči optické ose monochromátoru. Jako referenční bílá byla zvolena plocha pokrytá oxidem magnezia. Povlak byl napařen na nosný objekt bezprostředně před měřeními. Měřené hodnoty byly vztaženy na reflexní hodnoty reference oxidu magnezia.

2.2.2. Měření světelných poměrů během zkoušek



Obr. 8: Pyranometr 1 k měření globálního záření



Obr. 9: Pyranometr 2 k měření záření za pokusnými deskami

K měření záření byly na tunelu namontovány dva silikonové fotovoltaické senzory (Environmental Measurement Systems EMS 11). Pyranometry měří celkovou dopadající energii záření mezi 400 a 1.100nm. Jeden senzor (Pyranometr 1) se nachází asi 2m nad podlahou, měřicí rovina je horizontální, měřeno bylo difúzní záření oblohy a přímé sluneční záření (Obr. 8). Druhý senzor (Pyranometr 2) byl namontován s vertikálně orientovanou rovinou měření na zadní straně držáku desek asi 2,5m nad zemí (Obr. 9). Pomocí tohoto senzoru se měří záření pozadí desek, složené z difúzního záření oblohy a odrazu vegetace a půdy. Měřicí intervaly činí 10 sekund, měření jsou registrována jako minutové střední hodnoty na Datalogeru EMS Mini Cube), a byly během doby zkoušek jednou týdně kontrolovány a uloženy na externím PC.

2.3. Plánované zkoušky

Pro rok 2006 byly v první tranži plánovány zkoušky s šesti typy varovných značení. Ty měly být zakončeny na konci července. V srpnu měla být přezkoušena další tranže čtyř až šesti značení, která měla být zvolena na základě tranže první. Protože záchytné hodnoty v červenci byly mimo jakoukoliv normu (50% dlouholetého středu, viz Kap. 2.9.), protáhla se první tranže daleko do srpna. Druhá tranže musela odpadnout.

2.3.1. Značené desky

Při volbě značení (Kap. 2.4.1.) šlo o to,

- otestovat jednotlivá obzvláště důležitá nebo reprezentativní varovná značení, která byla zkoušena už v letech 2004 nebo 2005, znovu a za nových podmínek v tunelu II
- vycházejíce z již vyšetřovaných varovných značení redukovat stupeň zakrytí (jak málo je málo?)
- vycházejíce z již vyšetřovaných varovných značení, vyšetřit černé, bílé a smíšené typy značení

2.3.2. UV – absorbér v neznačeném akrylu

Akrylová deska „PLEXIGLAS SOUNDSTOP®“ (Značení „Acryl horizontal“) bylo v roce 2005 nad očekávání účinné. Protože se akryl chová opticky úplně jinak než float-sklo (Kap. 2.5.), muselo se zkontrolovat, zda je účinnost vysvětlitelná prostřednictvím optických rozdílů vůči referenční desce. Zatímco má akrylové sklo vyšší UV- propustnost než float-sklo, u vyšetřovaných desek tomu tak nebylo. Jak ukazuje obr. 12, nechává tato deska na základě přimísených UV- absorbérů, které mají zvýšit životnost, procházet světlo ve větší míře teprve od vlnových délek 390nm. K přezkoušení, zda má účinnost „PLEXIGLAS SOUNDSTOP®“ návaznost na optické vlastnosti materiálu, byla vyzkoušena „účinnost“ jedné takové identické neznačené desky.

2.3.3. Zkouška – sklo – vzduch

Stále ještě není experimentální důvod pro výrok, že ptáci nemohou vnímat neznačené sklo. V létacím tunelu I nebylo toto vyšetření možné, protože vyšetřované desky tunel na předním ukončení uzavíraly. Absence jedné desky by však vedlo k diskontinuitě akustiky a proudění vzduchu, které by zkoušky negativně ovlivňovalo. Protože je u létacího tunelu II mezi deskami a tunelem 30cm volného prostoru, bylo provedení tohoto pokusu tentokrát možné. Tyto zkoušky byly prováděny stejně jako ostatní, namísto značených desek, které byly v náhodném pořadí vyměňovány nebo přehazovány z levé pozice na pravou, zůstával jeden úchyt náhodně nalevo nebo napravo od neznačené desky volný.

2.4. Varovná značení

2.4.1. Zdůvodnění volby

K rozlišení faktorů „tvar“ a „světlo“ byly čtyři zkoušky z roku 2004, resp. 2005 opakovány za nových zkušebních podmínek (Kap. 2.4.1.1.). K dalšímu vývoji varovných značení ekvivalentně stanoveným cílům (Kap. 1.1.) byla vyšetřena 4 nová varovná značení. Přitom se jednalo o to, přezkoušet do jaké míry mohou být stupeň zakrytí, šířka pruhu atd. redukovány, (Kap. 2.4.1.2.), resp. jakou roli hrají kontrasty- světlá-tmavá, obzvláště černá a bílá varovných značení (Kap. 2.4.1.3.).

2.4.1.1. Opakování zkoušek 2004/2005 v létacím tunelu II

Akryl horizontální: Pro roku 2005 zjištěnou vysokou efektivitu akrylové desky s černým polyamidovým pruhovým varovným značením platila výhrada, že se totiž pruhy nacházely uvnitř desky a odrazy mohou účinkovat negativně. Odzrcadlení denního světla se již natolik blíží skutečné situaci ve volné přírodě, že již porovnání výsledků testů 2005 s výsledkem 2006 umožňuje dospět k závěrům týkajícím se volné přírody. Zřetelné zhoršení (v porovnání také s jinými testovacími značeními) by tuto výhradu posílilo, eventuální konstantní výsledek by ji odstranil.

10v: Značení 10v, které 15v a 10h v pokusech v roce 2004 předčilo, je nyní „universálním-reflexním značením“ našich pokusů. Při opakování v roce 2005 se ukázalo, že zkouška s použitou velikostí zkoušeného vzorku vede k opakovatelným výsledkům. Toto dobře vyšetřené varovné značení by mohlo také připustit výpověď o tom, jaký vliv na účinnost toto značení má. Očekávalo se zhoršení ve srovnání s rokem 2004 a 2005 v důsledku zmenšení kontrastů.

15v a 10h: Obě tato značení si vedla v roce 2004 hůře, (slabý trend), resp. signifikantně hůře než 10v. Zařazení do testů mělo ukázat, zda se na následném hodnocení a na poměrech mezi varovnými značeními něco mění a zda ty rozdíly jsou zřetelnější nebo menší, dopadá-li na varovné značení světlo.

2.4.1.2. Nová testovací značení: Redukce stupně zakrytí.

10v // 5 bílé: Toto značení představuje redukci značení 10v z 20mm širokých pruhů na 5mm, při odstupu hran pruhů 10cm. Očekávána byla nižší účinnost než u 10v.

Body: Značení „Body“ představuje redukci značení „Kruhy malé“(2005), které tehdy vykazovaly 0% „chybných rozhodnutí“. Stupeň zakrytí byl redukován z 25% na 6,5%. Jedná se o neúplný test, neboť se mění současně dvě proměnné (světlo a stupeň zakrytí).

2.4.1.3. Nová testovaná značení: Porovnání černá - bílá

Doposud byl „Akryl horizontál“ jediným černým značením. Jas černé je konstantní, protože „černá“ světlo neodráží a jasový vjem není okolním světlem zdůrazňován. Tato vlastnost by mohla být velice důležitá pro účinnost varovných značení za rozličných světelných podmínek.

10v // 5 černá : Toto varovné značení jen identické s 10v // 5 bílá, jen namísto bílých nalepovacích pásků se lepí černé.

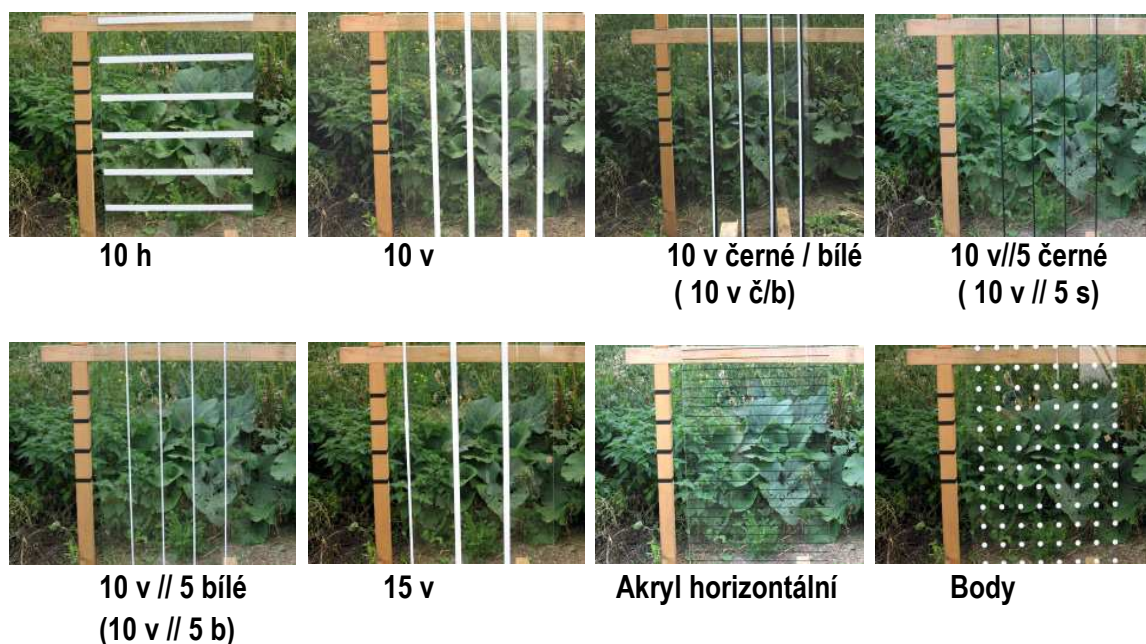
10v černá / bílá: Toto varovné značení je přímo odvozeno z 10v, dělí však značení široké 20mm na 10mm černého a 10mm bílého, vykazuje tedy vnitřní kontrast, a vně určitý dvojité variabilní kontrast, který by měl vykazovat optimum jak při vysoké, tak i při nízké intenzitě světla.

2.4.2. Představení kandidátů

Tab. 4 a Obr. 10 představují přehled varovných značení, která byla umístěna na desky o velikosti 50cm x 100cm. Popis uvedených značení se skládá z údajů o odstupech (kupř. 10cm), šíři (kupř. 5mm) a nasměrování pruhů (h = horizontální, v = vertikální) atd..

Tabulka 4: Provedení vyšetřovaných varovných značení. Stupně zakrytí jsou závislé na velikosti a vzdálenosti jednotlivých elementů značení. UV-odrazivost nebyla kritériem volby, a byla měřena až dodatečně. Všechny výsledky testů („Chyba“: Nálet na značenou desku) pokud bylo již v létacím tunelu I (2004, 2005) testováno, určeny k pozdějšímu porovnání.

Označení varovného značení	Popis	Stupeň . zakrytí	Odrazy v UV oblasti	Výsledek („Chyba“) 2004/2005
10h	Horizontální pruhy (bílý lepicí pás), 2cm široký, odstup hran 10cm	16,7%	ano	21,6%
10v (Referenční značení; porovnání s 2004, 2005)	Vertikální pruhy (bílý lepicí pás), 2cm široký, odstup hran 10cm	16,7%	ano	4,6% 6,7%
10v Černé/bílé	Vertikální pruhy (bílý lepicí pás), Dvoj pás 1cm černý, 1cm bílý, Odstup hran 10cm.	16,7	ano	-
10 v // 5 černé	Vertikální pruhy (černý lepicí pás) 0,5cm široký, odstup hran 10cm	4,8%	-	-
10 v // 5 bílé	Vertikální pruhy (bílý lepicí pás) 0,5cm široký, odstup hran 10cm	4,8%	-	-
15 v	Vertikální pruhy (bílý lepicí pás) 2cm široký, odstup hran 15cm	11,8%	ano	11%
Akryl Horizontální	PLEXIGLAS SOUNDSTOP® se zabudovanými černými polyamidovými vlákny horizontálně, 2mm široké, odstup 28mm	6,7%	-	6,7%
Body	Kruhy (bílá lepicí folie), r = 9mm, Uspořádané v rastru, rozteč středových bodů 82mm	6,25%	ne	-



Obr. 10: Přezkušování různých značení z r. 2006

2.4.3. Odrazivost varovných značení

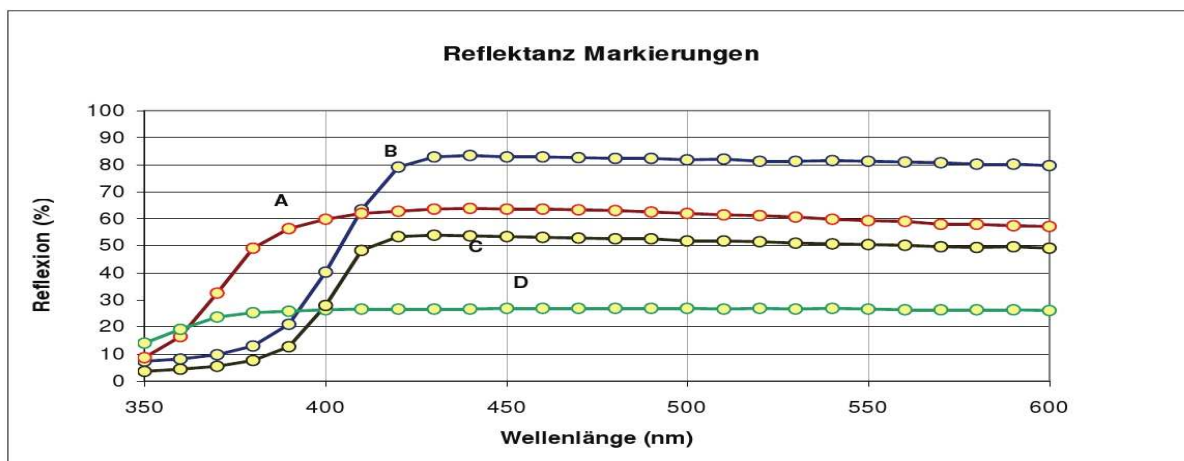
V roce 2006 byla poprvé měřena odrazivost varovných značení, a to rovněž i pro tato z let 2004 a 2005, pro vlnové délky mezi 350nm a 600nm (Kap. 2.2.1.2.).

Vyšetřovány byly:

- bílá lepicí folie, 2006 použita pro „Kroužky malé“, 2005 použita pro „Kroužky velké“ a „Kroužky malé“
- bílá izolační páska, 2006 použita pro 10 h, 10 v, 10 v úzká, bílá
- sítotisk bílý (Eckelt 541), 2005 zkoušeno pro „Čtverce malé“
- semitrparentní lepicí folie, 2004 zkoušena pro „Korály“

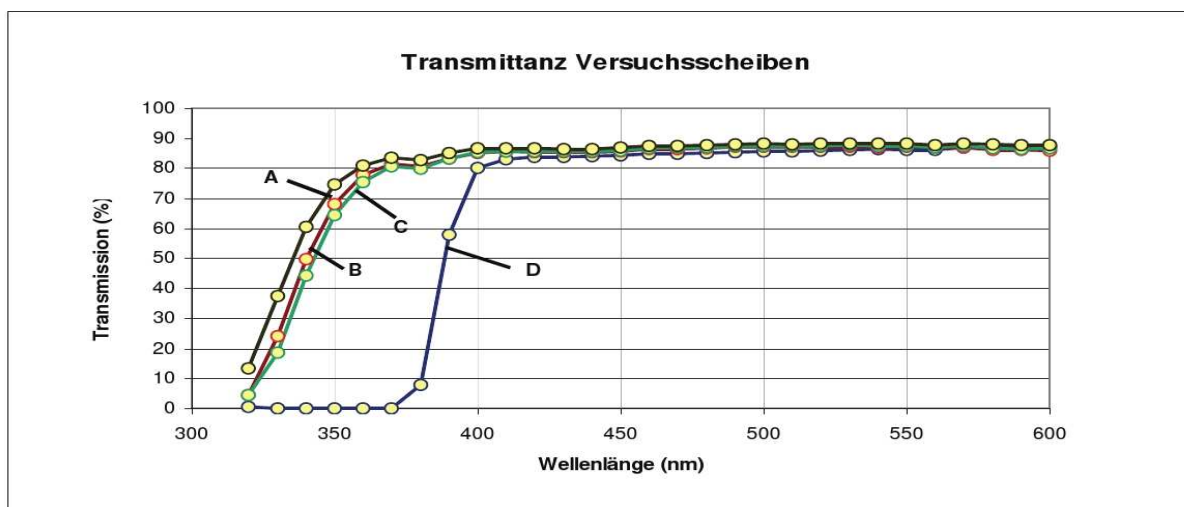
Jak ukazuje obr. 11, odrážejí bílá samolepící varovná značení světlo v oblasti mezi 410nm a 600nm světlo (střed : >80,6%, >61,1%) silněji než sítotisk (střed: 51,4%). Matová semitrparentní folie odráží podle očekávání méně (Střed: 26,6%).

Odrazivost mezi 350nm a 400nm (UV, fialové) existuje ve výrazné míře pouze u použitých lepicích pásků (Střed: 37,1%). Semitrparentní folie odráží v porovnání s odrazivostí >410nm relativně stejnoměrně rovněž i v oblasti UV (22,3%).



Obr. 11: Spektrální odrazivost rozličných materiálů sloužících ke značení skleněných desek v experimentech 2004 – 2006. A: Tesa (bílé pruhy), B: Lepicí folie bílá (Body), C: Sítotisk bílý (čtverce malé; RÖSSLER 2005), D: semitransparentní folie (Korály, RÖSSLER&ZUNA-KRATKY 2004).

2.5. Propustnost zkušebních desek



Obr. 12: Spektrální propustnost (průchodnost světla) čtyř zkušebních desek rozličného původu a tloušťky. A: float sklo („Korály – 2004), B: float sklo 4mm, C: float sklo 5mm, D: Akrylové sklo s UV absorbéry (PLEXIGLAS SOUNDSTOP®).

V závislosti na materiálu a tloušťce použitých desek je průchodnost světla různá. Tak muselo být prostřednictvím porovnání optických vlastností skleněných desek rozličného původu a tloušťky hodnoceno, zda se eventuální rozdíly v účinnosti, eventuálně mohou dávat do souvislosti s propustností. Jak ukazuje obr. 12, liší se desky navzájem jen velmi nepatrně, přičemž rozdíly v propustnosti v UV oblasti jsou možné kolem 10 – 15 procentních bodů. Akrylová deska se však v propustnosti UV záření liší od skleněných desek velice silně.

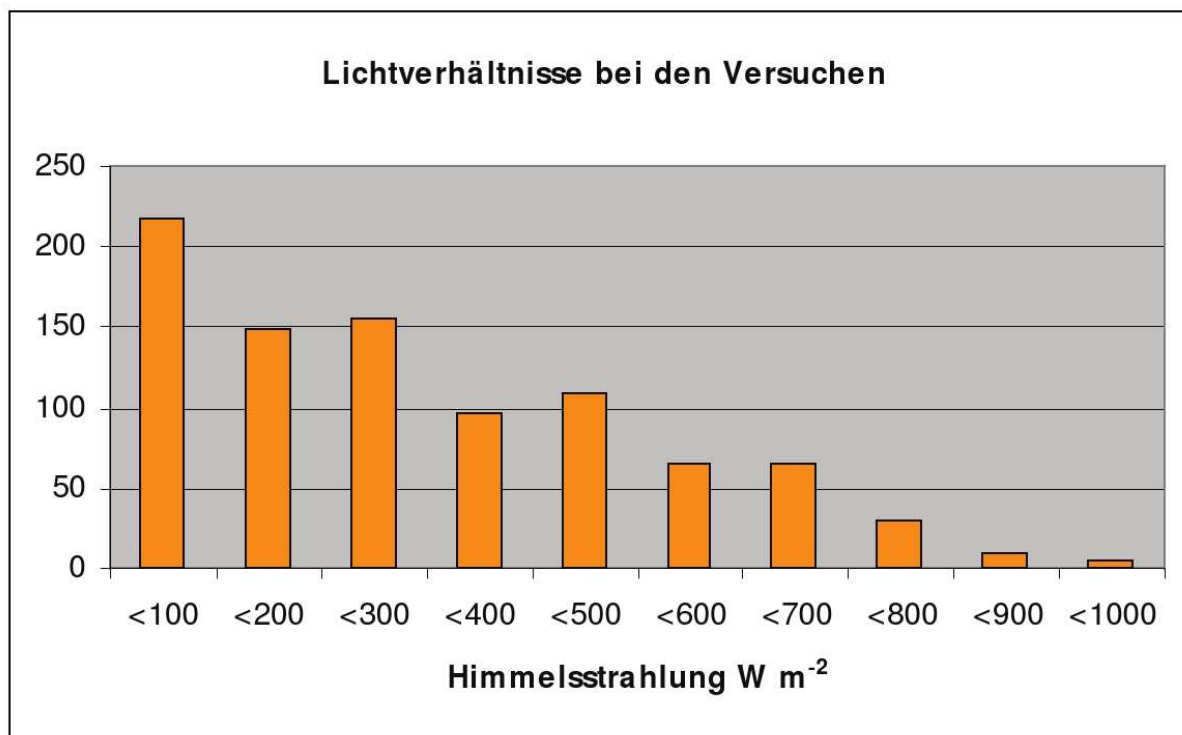
Absorbéry sloužící ke zvýšení životnosti blokují vlnové délky do 370nm úplně, teprve nad nimi dochází ke srovnání se skleněnými.. Tato charakteristika dala podnět k testování neznačené akrylové desky (Kap. 2.3.2.).

2.6. Světelné poměry panující při zkouškách

Okamžiky zkoušek souvisejí s časovým rozvrhem odchytu ptáků kroužkovací stanice. Úspěch odchytu kroužkovací stanice zase závisí na aktivitě ptáků. Protože je aktivita ptáků v hodinách po východu slunce a před západem slunce vyšší než v pozdních dopoledních hodinách, dochází přes poledne a v časném odpoledni, k rozprostření zkoušek pravděpodobně v souladu se vztahy „aktivity-intenzita světla“. Světelné poměry byly během zkoušek průběžně měřeny dvěma Pyrometry (Kap. 2.2.2.).

2.6.1. Světelná intenzita celkového (globálního) záření

Celkové záření měřené Pyrometrem 1 v horizontální měřicí rovině činilo ve vyšetřovacím časovém prostoru zkoušek mezi 0 a 1000 W m^{-2} , přičemž střed (Median) se nachází ve třídě 200 – 300 W m^{-2} (Obr. 13) ³.



Záření z oblohy W m^{-2}

Obr. 13: Počet pokusů za určitých světelných podmínek (celkové záření měřeno Pyranometrem 1). Více než 50% pokusů ($n=899$) se konalo při intenzitě světla mezi 0 a 300 W m^{-2} ; $n=899$.

³ Pro osvětlení zkušebních desek mají tyto naměřené hodnoty jen podmíněnou výpovědní hodnotu, protože v důsledku platnosti Lambertova kosinového vztahu (4.3.1.1.) jsou komponenty slunečního světla při nízkých polohách slunce vyšší a při vysokých polohách slunce nižší než je tomu v horizontální měřicí rovině.

2.6.2. Světelná intenzita za zkušebními deskami

Osvětlení pozadí desek měřeno Pyranometrem 2, s vertikální rovinou měření činilo 0 až 240 Wm^{-2} . Asi jedna třetina pokusů se konala při intenzitě světla $< 60 \text{ Wm}^{-2}$, jedna třetina při $60 - 120 \text{ Wm}^{-2}$ a jedna třetina při $120 - 240 \text{ Wm}^{-2}$.

2.6.2.1. Intenzita světla a denní doba

Světelné poměry za zkušebními deskami závisí silně na denní době (resp. na výšce slunce na obloze). Nejslabší světlo panuje v ranních hodinách, nejsilnější pak v poledne.

Typická časová okna:

5:00 až 7:00 hod a 19:00 až 21:00 hodin	...	65% experimentů $< 60 \text{ Wm}^{-2}$
6:00 až 11:00 hod a 18:00 až 19:00 hodin	...	50% experimentů $60 - 120 \text{ Wm}^{-2}$
9:00 až 12:00 hod	...	73% experimentů $> 120 \text{ Wm}^{-2}$

2.6.2.2. Intenzita světla při slunci a oblačném počasí

566 (63,0%) pokusů se konalo při slunečném počasí a 314 (34,9%) při zatažené obloze, v 19 případech bylo slunce pozorovatelné, ale zastíněné mraky. Struktury exponované vertikálně vůči slunci (kupř. skleněné desky) získávají při nízké poloze slunce relativně vysokou a při nízké poloze slunce právě menší intenzitu ozáření. Většina pokusů při přímém osvětlení sluncem se konala při nízké poloze slunce.

Nízké polohy slunce před 9:00 resp. po 17:00 hod 350 pokusů (61,8%)

Vysoké polohy slunce 9:00 až 17:00 hod 216 pokusů (38,2%)

Přímé sluneční záření a intenzita světla na pozadí vyšetřovaných desek nejsou naprosto nezbytné v přímé souvislosti. Tab.5 ukazuje pro 899 platných pokusů světelné poměry podle tří kategorií měřeného záření na pozadí desek. Porovnání se zaznamenanými údaji oblačnosti ukazuje, že jak při slunečném počasí, tak i při oblačném 30 – 31% experimentů spadalo do oblasti pod 60 Wm^{-2} a 21% pokusů provedených při zatažené obloze se konalo při intenzitě záření více než 120 Wm^{-2} na pozadí desek.

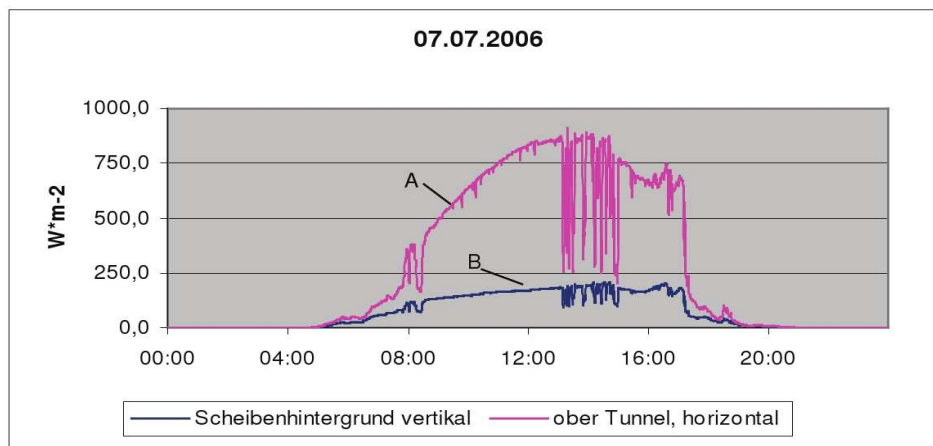
Tabulka 5: Intenzita světla pozadí desek při aspektech: slunce – bez slunce

	Intenzita osvětlení pozadí Wm^{-2}			
	<60	<120	>120	
Slunce	176	210	199	585
Bez slunce	97	151	66	314
	273	361	265	899

2.6.2.3. Souvislost mezi celkovým zářením a intenzitou světla v pozadí desek

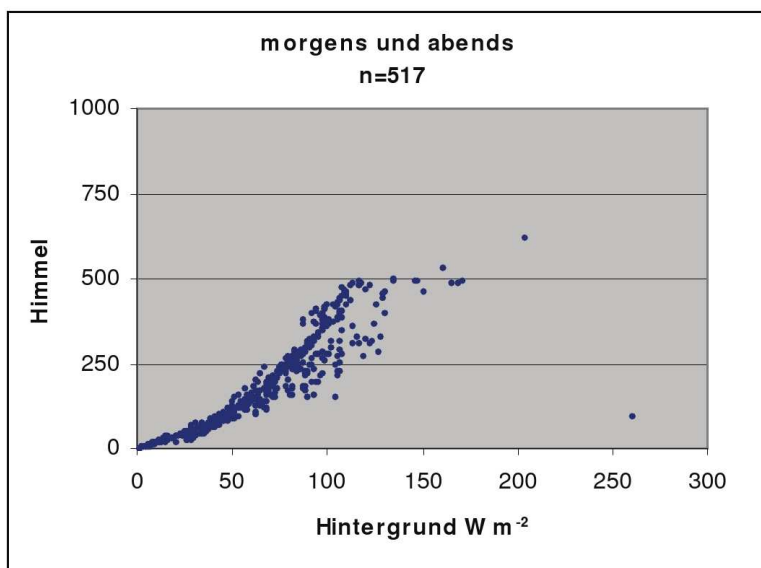
Následující obrázky ukazují denní průběh celkového záření nad a za zkušebním tunelem. Pyranometr1 (A) na obr. 14 měří záření v horizontální rovině (maximum 907 Wm^{-2} ve 13:34 hod) neovlivněné reflexemi z povrchu země. Přímé sluneční záření ovlivňuje měření Pyranometru 1 (nad tunelem).

Oblaka redukují měřené celkové záření nad horizontální plochou (s vlivem přímého slunečního světla) až o 70%. Pyranometr 2 (B) měří záření v pozadí zkoušených desek ve vertikální rovině přivrácené vždy ke slunci (modrá čára s maximem 204,6 Wm^{-2} v 16:35 hod) s vysokým podílem odraženého světla od země, vegetace, atd. (50% měřeného pole). Pyranometr 2 není nikdy sluncem ozářen.



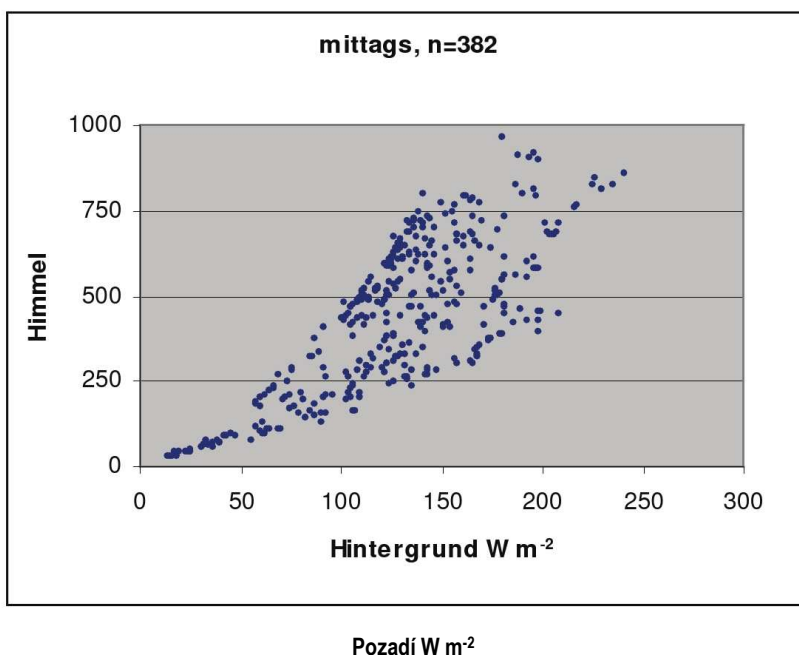
Obr. 14: Denní průběh poměrů záření 7. Července 2006 v Hohenau a.d. March. A: Pyranometr 1 s horizontální rovinou měření nad tunelem, B: Pyranometr 2 s vertikální rovinou měření na pozadí desek. Zřetelně jsou jako minima k rozpoznání: Průchody mraků.

V ranních a večerních hodinách (5:00 až 9:00 a v 17:00 až 20:30 hod) resp. při absenci přímého slunečního záření existuje relativně úzká souvislost mezi celkovým zářením a intenzitou světla na pozadí desek (Obr. 15). S přibývajícím denním dobou (9:00 až 17:00 hod) dochází k většímu rozptýlení hodnot, protože s rostoucí výškou polohy slunce narůstá měřený podíl přímého slunečního záření (Obr. 16).



Obr. 15: Souvislost celkového záření (hodnoty na ose y) a záření pozadí (hodnoty na ose x) v Wm^{-2} .

5:00 až 9:00 hod a 17:00 hod až do západu slunce.



Obr. 16: Souvislost mezi celkovým zářením (hodnoty na y-ose) a zářením pozadí (Hodnoty na x-ose) v $W m^{-2}$; 9:00 – 17:00 hod.

2.7. Model k dodatečnému zjištění kontrastů

Aby bylo možné se zabývat otázkou kontrastů, byl v rámci projektu vyvinut optický model, pomocí kterého se propočítává odražená hustota záření viděná ptákem. Model je ve fázi validity. Ty dosud provedené simulace mají být přezkoušeny v příštím roce prostřednictvím cíleně zaměřených měření. Poté by mohly být namodelovány rozličné situace a světelné poměry, které často nemohou být ani naměřeny, aby bylo možno z nich odvodit a předpovídat závěry týkající se kontrastů, účinnosti určitých kontrastních a vjemových schopností ptáků v určitých situacích, a pro účinnost určitých varovných značení, aniž by bylo nutné všechny situace testovat experimentálně se zkušebními ptáky.

Model vychází z minutových měřených hodnot intenzity světla nad a za tunelem. Zdůrazněny jsou

- prostupnost desk
- odrazivost varovného značení
- původ světla zjišťovaný pomocí záznamů optikou rybího oka v určitých oblastech testovaných desek (přímé sluneční záření, difúzní záření oblohy, odraz od půdy a vegetace atd.)
- měřené hodnoty obou pyranometrů v okamžiku jednotlivé zkoušky

Záření dopadající na skleněné desky je pro každý bod desky jiné. Za pomoci fotografií rybím okem (Obr. 4) se odhaduje podíl celkového záření a od okolí odráženého záření. Pomocí rovnice

$$I_{\text{diff}} = 2 \cdot \pi \int_0^{\pi/2} N(\theta) \cdot \cos(\theta) \cdot \sin(\theta) \cdot d(\theta) \cdot \theta \quad (\text{porov. 4.3.1.1.})$$

Lze určovat celkové, na skleněnou plochu dopadající difuzní i odražené záření.

Kontrast, který se stává pro ptáka zásadním se zjišťuje jako kvocient z jasů varovného značení a jasů pozadí. Tímto způsobem

- mohou být dosazením různých charakteristických hodnot odrazivosti varovného značení (zjištěné v laboratoři) namodelovány v přírodě panující poměry (kupř. světelné poměry při zkouškách 2006) a kontrastní působení nějakého nového, ještě experimentálně nevyzkoušeného značení, odstupňováno jako menší nebo větší.
- se může zkusit, v experimentech vypořádané chování ptáků (rozpoznání nebo nerozpoznání nějakého varovného značení) dát do souvislosti s daným kontrastem.

2.8. Časový prostor zkoušek

Zkoušky byly po dlouholetých zkušenostech s odchycem ptáků naplánovány na červenec a první polovinu srpna. V důsledku mimořádně malého hnízdění mnoha ptáků, ke kterému došlo v důsledku neobyčejně chladného a vlhkého května 2006, zůstal počet v červenci odchycených ptáků mimořádně malý. Doba zkoušek musela být prodloužena až do začátku září. Dobré hodnoty odchytu v září nemohly být bohužel využity pro účely našich zkoušek, protože časový prostor zkoušek nemohl být dostatečně prodloužen.

Tento časový prostor se nacházel mezi 1. červencem a 4. zářím.

2.9. Zkušební ptáci

Jako zkušební ptáci jsou aplikováni všichni ptáci, kteří byli v průběhu časového prostoru zkoušek na kroužkovací stanici chyceni a okroužkováni, resp. zkontrolováni a u nichž byla taková zkouška považována za přijatelnou. Mladí ptáci s ještě neukončeným porostem peří a ptáci, kteří vykazují známky vyčerpání, jakož i druhy, které se z hlediska velikosti nezdají pro zkoušky vhodnými, jsou ihned po okroužkování vypuštěni na svobodu.

Pro zkoušky byli použiti ptáci chycení poprvé a čerstvě okroužkováni, i již v průběhu zkoušek odchycení a okroužkováni ptáci (opakovaný odchyt), jakož i již v předchozím roce okroužkováni ptáci. Ptáci byli následovně po okroužkování resp. kontrole týmem kroužkovací stanice jednotlivě v pytlíkách přinášeni k tunelu a okamžitě podrobeni zkouškám. Z toho je získávána lokálními podmínkami charakterizovaná struktura druhů ptáků a kroužkováním podmíněné pořadí zkušebních ptáků. Tab. 6 ukazuje tabulku druhů pro 899 platných pokusů v roce 2005.

Do zkoušek bylo zahrnuto 39 druhů ptáků. Pětina z nich náleží k typickým náletovým druhům prostoru osídlení, a všichni vyšetřovaní ptáci jsou potenciálními typy otevřené krajiny.

Odchycené počty roku 2006 se pohybovaly na základě netypického počasí daleko mimo obvyklou normu. V červenci bylo odchyceno jen 53% dlouhodobě průměrného počtu ptáků. To jde po důkladné analýze méně na vrub dlouhé zimě či jevy spojené s vysokou vodou, či na tah v dubnu 2006, než na velice vlhký a chladný květen, který se enormě podepsal na výsledky hnízdění přilétajících stěhovavých ptáků v březnu a dubnu.

Případy úmrtí: V průběhu zkoušek došlo k jedinému případu úmrtí (sýkorka) v důsledku udušení v síti (velice zřídka se vyskytující jev při odchytu do sítě -0,03%). Nedošlo k žádnému dalšímu zranění v tunelu nebo na zkoušených deskách.

Tabulka 6: Soupis druhů z 8999 vyhodnocovaných pokusných letů ; druhy (39) a počet zkoušených ptáků.

Druh ptáka		Počet	Druh ptáka		Počet
Ledňáček	<i>Alcedo atthis</i>	3	Pěnice slavíková	<i>Sylvia borin</i>	6
Krutihlav obecný	<i>Jynx torquilla</i>	8	Pěnice černohlavá	<i>Sylvia atricapilla</i>	19
Strakapoud velký	<i>Dendrocopos major</i>	1	Budníček menší	<i>Phylloscopus collybita</i>	2
Vlaštovka obecná	<i>Hirundo rustica</i>	2	Budníček větší	<i>Phylloscopus trochilus</i>	1
Konipas bílý	<i>Motacilla alba</i>	1	Sýkorka modřinka	<i>Parus caeruleus</i>	1
Slavík obecný	<i>Luscinia megarhynchos</i>	4	Sýkorka koňadra	<i>Parus major</i>	19
Slavík modrák	<i>Luscinia svecica</i>	16	Sýkorka	<i>Remiz pendulinus</i>	2
Bramborníček černohl.	<i>Saxicola torquata</i>	2	Ťuhák obecný	<i>Lanius collurio</i>	102
Kos	<i>Turdus merula</i>	9	Ťuhák šedý	<i>Lanius excubitor</i>	1
Drozd zpěvný	<i>Turdus philomelos</i>	1	Špaček	<i>Sturnus vulgaris</i>	15
Kobylka pěnice	<i>Locustella naevia</i>	11	Vrabec	<i>Passer montanus</i>	36
Pěnice	<i>Locustella fluviatilis</i>	12	Pěnkava	<i>Fringilla coelebs</i>	1
Pěnice	<i>Locustella luscinioides</i>	4	Serin	<i>Serinus serinus</i>	1
Rákosník proužk.	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	56	Zvonek zelený	<i>Carduelis chloris</i>	4
Marsh zpěvný	<i>Acrocephalus palustris</i>	329	Stieglitz	<i>Carduelis carduelis</i>	12
Rákosník	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	26	Blask	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	1
Rákosník	<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	51	Strnadobecný	<i>Emberiza citrinella</i>	19
Barred zpěvný	<i>Sylvia nisoria</i>	6	Strnad rákosný	<i>Emberiza schoeniclus</i>	33
Pěnice pokřovní	<i>Sylvia curruca</i>	1	unklar (unaufklärbarer Protokollierungsfehler)		1
Pěnice hnědokřídá	<i>Sylvia communis</i>	80			
Suma					899

2.10. Předběžné a kontrolní zkoušky

2.10.1. Předběžné zkoušky

Se zřízením nového zkušebního zařízení musely být stejně jako v roce 2004 naplánovány předběžné zkoušky ⁴. Muselo se počítat s tím, že dojde na nedostatky nebo chyby v plánování a eventuálně budou nutné ještě nějaké technické přestavby. Předběžné zkoušky se konaly mezi 22.6. a 30.6.2006.

⁴ V roce 2004 se kupř. neočekávaně ukázalo, že jsou ptáci ve své volbě levého nebo pravého sektoru silně ovlivňováni polohou slunce.

- 1) Sporadické zkušební lety během fáze rozestavěnosti za účelem včasného nalezení eventuálních hrubých a neočekávaných nedostatků ($n = 10$).
- 2) Systematické zkušební lety bez desek, bez sítí; ptáci prolétali bez zábran tunelem a byli sledováni z hlediska nahodilého rozdělení jejich letových tras ($n = 25$).
- 3) Systematické zkušební lety bez desek, avšak se sítí; k vyzkoušení vhodnosti sítě bez vystavování ptáků nějakému nebezpečí ($n = 15$).

Všechny předběžné zkoušky probíhaly bez potíží, rozhodnutí ptáků pro jednu z obou stran letové dráhy se ukázalo stejným dílem, a neprokázala se jakkoliv nutnost něco na zkušebním tunelu přestavovat či adaptovat.

2.10.2. Kontrolní zkoušky

Kontrolní zkoušky slouží ke zjišťování neočekávaných poruch během pokusů. Kontroluje se, zda se nevyskytuje na varovných značeních nezávislé upřednostňování jedné z obou cest (doleva či doprava). Kontrolní zkoušky se provádějí s jedním párem identických neznačených desek a ve skupinách po 10 letech náhodně rozděleny mezi regulérní experimenty.

2.11. Vyhodnocení dat

2.11.1. Vyhodnocení videa

Zkoušky byly aktuálně zaprotokolovány, a současně zaznamenány pro potřeby pozdější kontroly. Všechny videozáznamy byly pozorovány s použitím časové lupy. Pro propočty výsledků zkoušek byla aplikována výlučně videodata. Ve 171 případě (16,7%) byla videodokumentace přinejmenším užitečná, nebo mohla pomoci korigovat chybné zaprotokolování.

2.11.2. Vyhodnocená a neakceptovaná data

Zahrnuta byla pouze data týkající se jednoznačných rozhodnutí mezi deskami ("doleva", "doprava") a "středové" nálety nebyly akceptovány. Přerušené lety, váhavé přibližování, často podél stropu nebo jedné z postranních stěn, nemohly být vyhodnoceny. Pokud bylo již během pokusů zřejmé, že pokus nebude moci být vyhodnocen, byla k protokolu přidána jedna řádka, a pokus byl opakován s jiným ptákem. Lety u kterých mohly být zjištěny nesrovnalosti teprve při vyhodnocování videozáznamu, (kapky deště, orosené plochy, nesymetrický dopad světla, otevřené dveře atd.), byly vyloučeny dodatečně. Tab.7 ukazuje počet vyloučených pokusů a také důvody které vedly k jejich vyřazení.

Tabulka 7: Pokusy nezařazené do vyhodnocování.

Příčina	Počet případů
Pták odmítá letět	29
Pták přerušuje let	9

Pták zabrzdí před sítí	4
Příliš váhavý let	31
Nejasná příčina nebo nezdokumentováno	13
Dodatečně z dův. deště nebo orosených desek vyřazeno	33
Chyba zkoušky	7
Nálet na střed	33
Suma	159

2.11.3 Statistické metody

Výsledky byly kontrolovány pomocí binomiálních testů, χ^2 -Exaktní-testy a residuální analýzy s nastavenými standardizovanými residui (HABERMANN 1973). Testy byly počítány pomocí SPSS 12.0.

3 VÝSLEDKY

3.1. Přehled o datovém materiálu

Tabulka 8: Struktura vyhodnocovaných dat 2006.

Pokusy	Počet	%		Počet	%	
Všechny	1.025	100				
	▼		►	126	12,3	neplatné
Platné	899	87,7				
	▼		►	33	3,2	do středu
Jednoznačné	866	84,5				
	▼		►	71	6,9	kontrolní pokusy
Výsl. relevantní	795	77,6				
	▼		►	140	13,6	jiné (UV, vzduch)
Značení	655	63,9				

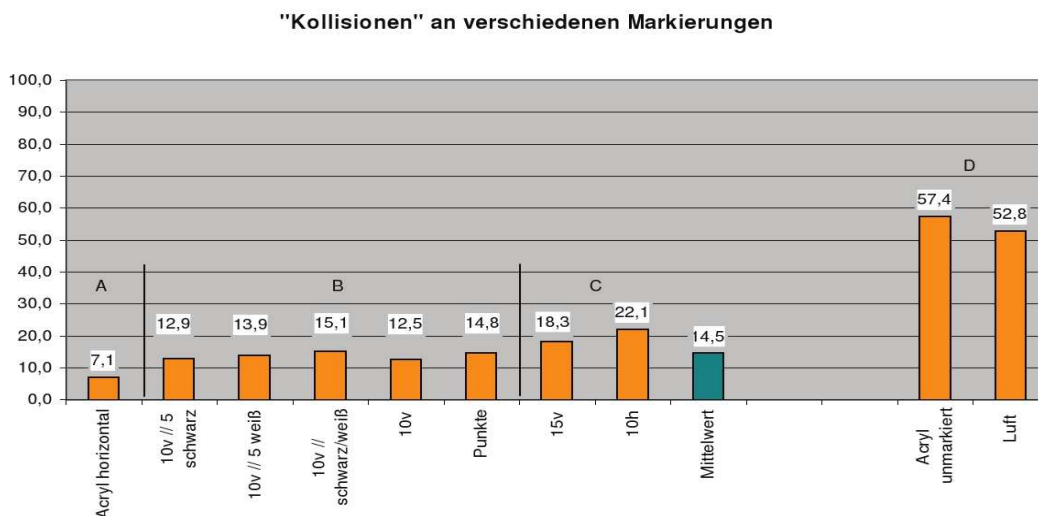
Bylo provedeno 1.025 pokusů (Tab. 8), z nichž 899 je platných a 126 muselo být vyřazeno. 866 náletů bylo jednoznačně přiřazeno na jednu ze stran (nalevo nebo napravo), 33 náletů středových náletů bylo rovněž vyřazeno. Do vyhodnocení tedy šlo 795 pokusů, na 71 kontrolních pokusech byl kontrolován průběh experimentů na levou či pravou stranu. 655 pokusů se týkalo zkoušených značených desek, 140 pokusů se týkalo základních otázek, zda byly pokusy s akrylovou deskou ovlivňovány materiálem (obzvláště pak UV-absorbérem) a zda je float sklo pro ptáky neviditelné, nebo je nějakým způsobem vnímáno.

3.2. Výsledky zkoušek

3.2.1. Přehled výsledků

Obr. 17 ukazuje výsledky všech pokusů s jedním vzorkem od vždy $n = 77$ až po $n = 86$. Varovná značení jsou členěna do tří skupin rozličného stupně účinnosti (A až C). Výsledky pokusů s float sklem neznačeným proti Akrylu neznačenému ($n = 68$) a zkoušky s float sklem neznačeným oproti volnému vzduchu ($n = 72$) jsou shrnuty do skupiny D. Sloupce ukazují relativní četnost náletů na značené desky (resp. „Akryl neznačený“ resp. vzduch), odpovídající procentuální hodnoty jsou nadepsány nad sloupci.

„Nárazy“ do různých varovných značení



Obr. 17: Relativní četnost náletů na značené skleněné desky při zkoušce volby s referenční neznačenou deskou. „Acryl horizontal“ (A) je signifikantně lepší než průměr, 15v 10h (C) jsou signifikantně horší než průměr. Pravé sloupce (D): Nálety na neznačené akrylové desky resp. na prázdný úchyt skleněné desky („Vzduch“) ve srovnání s neznačenou referenční deskou z float skla.

3.2.2. Varovná značení

V průměru došlo ve 14,5% k náletům na značené desky. Všechny značené desky jsou účinné. Při rozdělení do tří skupin (A, B, a C) se ukazují značné rozdíly ($\chi^2 = 7,99$; 2stranné, $p = 0,019$). Značení „Acryl horizontal“ je značně (signifikantně) lepší než běžný průměr všech účinných značení (Reziduální analýza, adjustovaná, standardizovaná rezidua $res_{adst} = 2,1$, $p < 0,05$), zatímco 10 h a 15 v (C) jsou signifikantně horší než běžný průměr ($res_{adst} = -2,3$, $p < 0,05$). PLEXIGLAS SOUNDSTOP® („Acryl horizontal“) je jediné značení, které přináší výsledek pod 10% chybných rozhodnutí.

3.2.3. UV – Absorber v neznačeném akrylu

Za účelem umožnění otestování odlišného materiálu zkušební desky „Acryl horizontal“ byla testována identická deska bez zabudovaných polyamidových vláken, tedy úplně neznačená, transparentní akrylová deska vůči neznačenému float sklu. Výsledek 57,4% náletů na neznačenou akrylovou desku (39 : 29) nevykazuje v žádném případě odstrašující účinek materiálu.

3.2.4. Zkouška sklo – vzduch

Za účelem vyzkoušení, zda je neznačené float sklo skutečně pro ptáky „neviditelné“, byla takováto deska testována v porovnání s prázdným rámem, tedy vůči volnému vzduchovému prostoru. Nálety se dělí v poměru 52,8% ke 47,2% (38 náletů na desku : 34 nálety na „vzduch“), tedy náhodným způsobem.

3.3. Výsledky zkoušek s ohledem na světelné poměry

Pro těch 655 vyhodnocovaných varovných značení vyvstávají následující otázky:

- Je účinnost určitých varovných značení závislá na světelných poměrech ?
- Jsou určitá varovná značení kupř. při stmívání účinnější než jiná ?
- Která varovná značení se hodí nejlépe, je-li v pozadí vidět jen málo vegetace a hodně oblohy ?

3.3.1. Vliv celkového záření

Pyranometr 1 nad tunelem měří světlo působící na horizontální plochu. Měřené celkové záření sestává ze světla odráženého z mraků a atmosféry a přímého slunečního záření. Ke zvážení tu je rozdílný úhel dopadu přímého slunečního světla na Pyranometr 1 s horizontální rovinou měření a na vertikálně umístěné desky. Sluneční světlo dostávající se na desky přes zrcadla, ovlivňuje při nízké poloze slunce slabě Pyranometrická měření (horizontálně), projevuje se však v silném jasu působícím na vertikální desky, zatímco při vysokých polohách slunce je účinek na tyto desky slabší, než bylo Pyranometrem 1 naměřeno.

Vyhodnocení na základě tří kategorií intenzity celkového záření (Tab. 9) nevykazuje žádný signifikantní vliv na účinnost jednotlivých varovných značení ($\chi^2 = 1,12$; 2stranně, $n = 655$; $p = 0,574$, n.s.).

Tabulka 9: Rozdělení náletů na značené desky při rozličném jasu (na horizontální ploše měřené celkové záření) podle tří světelných tříd (až 250Wm^{-2} , $250 - 500\text{Wm}^{-2}$, $500 - 1.000\text{Wm}^{-2}$).

Var. značení	Světelná intenzita celkového záření Wm^{-2}					
	<i>n</i>	<250 % Chyby	<i>n</i>	<500 % Chyby	<i>n</i>	>500 % Chyby
10h	43	20,9	21	14,3	13	38,5
10v	48	12,5	15	13,3	17	11,8
10v č/b	31	19,4	29	17,2	26	7,7
10v // 5s	58	12,1	13	7,7	14	21,4
10v // 5č	47	12,8	18	16,7	14	14,3
15v	38	21,1	31	12,9	13	23,1
Akryl horizontální	36	8,8	32	8,3	13	0,0
Body	34	16,7	36	12,5	15	15,4

3.3.2. Vliv intenzity světla za deskami

Světlo působící za tunelem na svislou, od slunce odvrácenou plochu, měřené Pyranometrem 2, sestává z jedné poloviny ze světla, které se dostane do měřicí roviny z oblohy a mraků a z jedné poloviny z odrazu od země a vegetace. Vertikální rovina měření umožňuje dobré porovnání se světlem, které se dostává ke ptákům přes skleněné desky. Zde se projevuje značný vliv na výsledky pokusů.

Rozdělení náletů, s ohledem na světelné poměry v pozadí desek (Tab. 10) není náhodné. Po rozdělení pokusů do tří světelných kategorií ($<60 \text{ Wm}^{-2}$, $60 - 120 \text{ Wm}^{-2}$, $>120 \text{ Wm}^{-2}$) se ukazuje, signifikantní odchylka od stejnoměrného rozdělení náletů (χ^2 exaktně 2 – stranně; $\chi^2 = 11,55$; $p = 0,003$, $n = 655$). Vyskytuje se evidentně signifikantně více náletů při intenzitě světla pozadí desek $<60 \text{ Wm}^{-2}$ a signifikantně méně náletů při intenzitě světla $60 - 120 \text{ Wm}^{-2}$. Reziduální analýza ukazuje při slabém světle signifikantně horší výsledky (adjustovaná, standardizovaná rezidua $\text{res}_{\text{adst}} = -2,5$, $p < 0,01$) a při středním světle ($\text{res}_{\text{adst}} = 3,3$, $p < 0,001$) signifikantně lepší.

Tabulka 10: Rozdělení náletů na značené desky při různém jasu pozadí zkušebních desek (na vertikální plochu měřeného difúzního záření oblohy + odraz od vegetace a půdy).

Značení	Světelná intenzita pozadí Wm^{-2}					
	<i>n</i>	<60 % Chyby	<i>n</i>	<120 % Chyby	<i>n</i>	>120 % Chyby
10 h	30	20,0	31	22,6	16	25,0
10 v	34	14,7	24	4,2	22	18,2
10 v č/b	14	35,7	35	8,6	37	13,5
10 v // 5s	42	14,3	22	4,5	21	19,0
10 v // 5č	32	15,6	24	4,2	23	21,7
15 v	27	22,2	33	12,1	22	22,7
Akryl horizontální	21	14,3	30	6,7	34	2,9
Body	14	35,7	46	4,3	21	23,8

S výjimkou těch obou beztak méně účinných Značení **10 h** a **15 v**, vykazují všechna varovná značení ve třídě $60 - 120 \text{ Wm}^{-2}$ „Chybná rozhodnutí“ pod 10%. Pozoruhodně tak byly přitom reprodukovány výsledky prováděné v minulém roce v tunelu I, (Tab. 11).

Tab. 11: Porovnání výsledků 2006 při světelných hodnotách z pozadí desek mezi 60 a 120 Wm^{-2} (létací tunel II) s výsledky let 2004 – 2005 v létacím tunelu I (procenta náletů do varovného značení).

	Létací tunel II Hintergrund $60 - 120 \text{ Wm}^{-2}$	Létací tunel I	
		2004	2005
10 h	22,6	21,6	
10 v	4,2	4,6	6,7
15 v	12,1	11,0	
Acryl horizontal	6,7		6,7

3.3.3. Vliv přímého slunečního záření

Při slunečním záření je sluneční světlo přes zkušební desky stejnoměrně odráženo a distribuováno na varovná značení. Při pokusech bylo zaprotokolováno, zda bylo slunce viditelné, nebo zakryté mraky. Porovnání pokusů prováděných při slunci a těchto při zatažené obloze, (Tab. 12), vykazuje jen náhodné rozdíly ($\chi^2 = 0,175$; 2-stranně; $n=655$; n.s.).

Tabulka 12: Rozdělení náletů na značené desky při slunci, resp. oblačnosti.

	Slunce		bez slunce	
	<i>n</i>	% Chyby	<i>n</i>	%Chyby
10 h	47	23,4	30	20,0
10 v	33	18,2	47	8,5
10 v s/w	47	14,9	39	15,4
10 v // 5 s	36	11,1	49	14,3
10 v // 5 w	35	8,6	44	18,2
15 v	45	13,3	37	24,3
Punkte	42	13,2	43	17,9
Acryl horizontal	53	7,1	28	7,0

4 DISKUSE

4.1. Metodická integrita zkoušek

Předpokladem integrity pokusů a vyloučení autokorelací je náhodné pořadí jednotlivých pokusů a stejná četnost stran (nalevo nebo napravo), na které byly zkušební desky při zkoušce volby umístěny. Otázky týkající se zkušební odchylky jsou tyto:

- Byly ty zkušební desky montovány stejně často nalevo i napravo ?
- Jsou ty výsledky kontrolních zkoušek stejnoměrně rozděleny na levou a pravou stranu ?
- Jsou výsledky zkoušek (nezávisle na různé účinnosti jednotlivých zkušebních desek) stejnoměrně rozloženy na levou a pravou stranu ?

4.1.1. Rovnoměrné rozdělení zkušebních desek na levou a pravou stranu

Protože nelze vyloučit, že nenápadné nestejnoměrnosti v tunelové symetrii nebo v pozadí desek povede k systematickému upřednostňování jedné z obou stran (nalevo či napravo), musí se zkoušená varovná značení stejně často umísťovat nalevo i napravo. Tab. 13 ukazuje rozdělení zkoušených desek na levou a na pravou pozici v 795 zkouškách se značenými deskami, neznačenou akrylovou deskou (UV) a prázdným rámem (vzduch).

Tabulka 13: Pozice značených desek v 795 volených pokusech

Zkoušená deska	montovaná nalevo	montovaná napravo	suma
10h	38	39	77
10v	38	42	80
10v // černá / bílá	45	41	86
10v // 5 černá	42	43	85
10v // 5 bílá	39	40	79
15v	41	41	82
Acryl horizontální	44	41	85
Body	43	38	81
Acryl bez značení	39	29	68
Vzduch	37	35	72
Suma	406 (51,1%)	389 (48,9%)	795

4.1.2. Rovnoměrné rozložení náletů na levou a pravou stranu

Pokud zkušební zařízení nesvádí k systematickému upřednostňování levé či pravé strany, měly by kontrolní pokusy vykazovat rovnoměrné rozdělení náletů na levou a pravou stranu. Za předpokladu, že se zkušební desky nacházely stejně často nalevo i napravo a v důsledku náhodného časového rozdělení pokusů se nevytváří žádná závislost na rušivých veličinách, měl by i souhrn vyhodnocených pokusů poskytnout rovnoměrné rozprostření náletů.

Jak kontrolní pokusy ($n = 71$), tak i vyhodnocené pokusy ($n = 795$) vykazují skoro komplexní stejnoměrné rozložení náletů na levou a pravou stranu. Celkové součty pokusů se rozdělují úplně stejně (433 nalevo a 433 napravo) na obě strany (Tab. 14).

Tabulka 14: Rozprostření náletů při 71 kontrolních pokusech (neznačené proti značeným) a 795 vyhodnocovaných volbových experimentů (značené proti neznačenému float sklu a Akryl značený, Akryl neznačený a „vzduch“ proti neznačenému float sklu). Percentuální hodnoty v závorkách.

	Nálet		suma
	Nalevo	napravo	
Kontrolní zkoušky	34 (47,9)	37 (52,1)	71
Zkoušky	399 (50,2)	396 (49,8)	795
Suma	433 (50,0)	433 (50,0)	866

4.1.3. Rovnoměrné rozložení „správných“ a „chybných“ rozhodnutí na levou a pravou stranu.

Oddělené pozorování rozložení náletů podle „chybných rozhodnutí“ (nálet na značenou desku) a „správných rozhodnutí“ (nálet na neznačenou desku) nevykazuje v obou případech žádné rozdíly ve stejnoměrnosti rozložení (Tab. 15).

Tabulka 15: Rozdělení náletů vyhodnocených pokusů (pouze Značení, $n = 655$) při 95 „Chybných rozhodnutích“ a 560 „správných rozhodnutích“. Percentuální hodnoty v závorkách.

Nálet na	Nálet		suma
	levou	pravou	
Značení („nesprávné“)	49 (51,6)	46 (48,4)	95
Referenční deska („správné“)	279 (49,8)	281 (51,2)	560
Summe	328 (50,1)	327 (49,9)	655

4.1.4. Metodická integrita vyšetřování

Ze 4.1.1. až 4.1.3. vyplývá, že 795 vyhodnocených pokusů v rámci premis platných pro dané pokusy je konzistentních a platných. Kontrola pozic zkušebních desek nevykazuje žádné odchylky od rovnoměrného rozdělení. Rozdělení náletů na levou, resp. pravou stranu nevykazuje ani u 71 kontrolních pokusů, ani u celkových 795 pokusů, ani u „chybných rozhodnutí“, ani u „správných rozhodnutí“ odchylky od rovnoměrného rozdělení. Metodická integrita, je následně plně garantována.

4.2. Diskuse k výsledkům zkoušek

4.2.1. Neznačené sklo není viditelné

Skutečnost že ptáci sklo nevnímají, byla vyjma efektů zrcadlení dosud přijímána jako důvod pro smrtelné kolize ptáků na skleněných deskách, nebyla však nikdy experimentálně vyšetřena. Ve zkoušce volby mezi float sklem neznačeným a prázdným polem (3.2.4.) se nyní zřetelně ukazuje, že domněnka existuje oprávněně a že ptáci sklo skutečně nevnímají.

4.2.2. Konstantně dobrá účinnost varovného značení „Acryl horizontal“ (PLEXIGLAS SOUNDSTOP®)

„Acryl horizontal“ (PLEXIGLAS SOUNDSTOP®) je jediné Značení, které se dostává pod 10% chybných rozhodnutí (3.2.2.). Se 7,1% je výsledek prakticky identický s výsledkem v létacím tunelu I v roce 2005 a nelze rozpoznat nějaký odkaz na to, že by stranový dopad světla vykazoval negativní účinek na účinnost značení. „Acryl horizontal“ je také jediným značením, které je v rámci účinných varovných značení statisticky podchyceno jako lepší nežli ty v žebříčku nejhorší z vyšetřovaných varovných značení 15 v a 10 h.

V doplňující zkoušce volby (3.2.3.) mezi neznačeným float sklem a neznačeným akrylovým sklem se v žádném případě neobjevují náznaky k vyhnutí se neznačené akrylové desce. Tím se prokazuje, že nikoliv materiál (Plexiglas s přísadou UV-Absorbéru) je důvodem pro dobrou účinnost materiálu PLEXIGLAS SOUNDSTOP®, nýbrž že tato skvělá účinnost pochází z oněch černých vláken.

4.2.3. Široké středové pole nevykazuje žádné rozdíly

Dle našich vyšetření neexistují důkazy na to, že by bílá varovná značení působila lépe než černá značení, nebo opačně. Neexistují rovněž žádné důkazy na to, že by bílá značení kupř. při špatném světle v pozadí působila lépe než černá nebo že by se černá značení při hodně světlých podmínkách jevila jako účinnější.

Rovněžtak není důvodu se domnívat, že by měly kombinované černo-bílé pruhy nějaké přednosti. Možná spočívá důvod v jednoduché strnulé formě dvojité linie na zkušební desce (Foto 2,4,2.).

Možná mohou být vyvinuty vnitřní kontrasty nějakého varovného značení, které zaručují lepší účinnost. Žebříček varovných značení z pokusů v roce 2004 s 2cm širokými bílými pruhy (10 v > 15 v > 10 h) zůstává zachován. Vyloučeno je, že by se varovná značení 15 v a 10 h mohla dostat pod 10% chybných rozhodnutí.

4.2.4. Světelné poměry v pozadí poskytují odchylku

Diferenciace na základě intenzity světla nevykazuje žádné výsledky, které by jednoznačně dostatečně, při panujících velikostech vzorků jednotlivých porovnání dávaly dospět k navrhování určitých varovných značení pro určité situace. Zprv je výsledek velmi jednoznačný, že totiž suma námi vyšetřovaných varovných značení při „průměrných“ světelných poměrech ($60 - 120 \text{ Wm}^{-2}$) v pozadí desek funguje dostatečně a ta varovná značení případné kolize značně redukuje. Při extrémních světelných poměrech, obzvláště, je-li v pozadí desek relativně slabé osvětlení, ($<60 \text{ Wm}^{-2}$), účinnost klesá. Skutečnost že toto tvrzení platí i pro bílá varovná značení je překvapující, ale koherentní. Bude třeba dalších experimentů, abychom tomu porozuměli a dospěli k doporučením pro praxi.

4.2.5. Záleží na zkušebních podmínkách.

Četné výsledky předložené studie jsou nové a v tomto členění se ještě neobjevily v žádné studii související s kolizemi ptáků. Metody, se kterými se pracuje na tomto problému, mají velký vliv na výsledky a jejich vypovídací hodnotu. Nutnost videoanalýzy byla již probrána v publikaci RÖSSLER (2005). Nutnost měření světla ukazuje porovnání normálních výsledků s diferencovanými analýzami vlivu světla. Zde se také ukazuje, že počty vzorků pro účely našich pokusů jsou příliš malé na to, abychom mohli zkoumat u jednotlivých desek kupř. vhodnost pro některou ze tří světelných tříd.

Nelze třeba toho času odhadnout, zda má omezená délka tunelu vliv na vypovídací schopnost výzkumu, přičemž bude méně záležet na tom, v jaké vzdálenosti jsou varovná značení rozpoznána, jako spíš na tom, zda je rychlost ptáků srovnatelná s přirozenou situací. Videoanalýzy poskytují jen málo informací, protože údaje o prostorových souřadnicích ptáků nemohou být dělány ke každému videosnímku. Eventuálně bude tunel dále vyvíjen ve směru analýzy prostorových souřadnic, aby bylo možno kupř. lépe posuzovat změnu směru letu nějakého ptáka a průběh jeho rychlosti.

Obecně byly četné výsledky Hohenauerských měření z roku 2004 a 2005 potvrzeny. Hohenauerské experimenty vykazují vysokou reprodukovatelnost, což je pro tento výzkum důležitým předpokladem. Velmi účinná varovná značení, která při vysokém počtu zkoušek vykazují jen malý počet „chybných rozhodnutí“, nejsou ovšem při velikosti počtu vzorků v oblasti $n=100$ navzájem identifikovatelná. Čím kvalitnější ta varovná značení jsou, tím větší musí počet vzorků být.

4.3 Analýza literatury ke světlu, vnímání a chování

Na setkání expertů v srpnu 2005 v Möggingenu bylo požadována posílení snahy k začlenění základního výzkumu (vizuální vnímání a neuronální zpracování vizuálních podnětů) jako naléhavý požadavek pro aplikačně orientovaný výzkum varovného značení skleněných desek. V neposlední řadě z důvodu velkého zájmu o umísťování UV-účinných varovných značení, musely být do naší práce zahrnuty světelné veličiny, psychologické a psychofyzikální charakteristiky ptáků atd.. Ani ve výzkumech od KLEM (1990), ani v těchto od SCHMID & SIERRO (2000) nebo od LEY (2004), nebyly světelné poměry měřeny, či cíleně ovlivňovány.

V následující stati jsou pojednávány faktory, které již byly prozkoumány v oblasti vizuální ekologie ptáků, na základě rešerší v literatuře. V jejich čele stojí:

- Skladba a intenzita světla
- Vnímání světla, jasu a barvy
- Vizuální vnímání a chování

4.3.1. Intenzita a skladba světla

Intenzita a skladba (složení) stávajícího resp. vnímaného světla jsou v každém místě prostoru rozdílné a závisí na zářivosti (Radianz ⁵) nějakého zdroje světla (svítící nebo odrážející objekt) a na úhlu při kterém světlo z nejrůznějších zdrojů na oko pozorovatele dopadá. Světelnými zdroji jsou slunce, modrá obloha, mraky, vegetace, půda (resp. vodní plochy, a sněh), objekty antropogenního původu atd..

4.3.1.1. Výpočet intenzity světla

Intenzita světla (vlastně síla osvětlení), která působí na nějaké ploše, která je nějakým zdrojem ozařována, je závislá na úhlu, ve kterém světlo na plochu dopadá. Přitom se uplatňuje Lambertův kosinový zákon:

$$I = I_0 \cos \theta \quad (1)$$

Kde I je intenzita světla, I_0 je intenzita světla dopadající na plochu kolmo ke směru dopadu a θ je zenitový úhel dopadu zdroje světla. Energie je udávána ve Wm^{-2} .

Ve volné přírodě nepřichází světlo jen z jednoho zdroje, nýbrž od mnohých odrážejících ploch. Intenzita tohoto odráženého světla (I_r) je závislá na odrazových vlastnostech odrážející plochy a vypočítává se pomocí

$$I_r = I * \text{Refl} \quad (2)$$

Kde I značí záření přicházející na medium (molekuly atmosféry, mraky, listí atd.) a Refl popisuje reflexní schopnosti media.

Intenzita difúzního záření I_{diff} , která dopadá na plochu ze všech stran, je integrálem ze všech směrů θ (úhel dopadu) dopadající difúzní hustoty záření N .

$$I_{\text{diff}} = 2 \cdot \pi \int_0^{\pi/2} N(q) * \cos(q) * \sin(q) * d(q) * q \quad (3)$$

4.3.1.2. Radiance⁵ (zářivost) přímého slunečního záření a difúzního záření

ENDLER (1993) zkoumal spektrální složení světla v lesích tropické i mírné oblasti pomocí spektrometru. K tomuto speciálnímu účelu byla měřena radiance jakožto fotonový proud na Steradián.

⁵ Radiance – Radianz (Zářivost): Světelné záření určité intenzity a vlnové délky vycházející z objektů produkujících nebo odrážejících světlo. – Irradiance (Vyzáření): Celková vyzářená energie světla všech světelných objektů na nějakou plochu.

Radiance přímého slunečního záření je o koeficient $10^4 - 10^6$ větší než tato oblohy, mraků či vegetace. (Tab. 16)

Tabulka 16: Totální radiance rozličných světelných zdrojů udávaná jako proud světla v $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{sr}^{-1}$. Kolísání u mraků a listů : 45%. (ENDLER 1993)

Zdroj světla	Totální Radiance ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{sr}^{-1}$)
Slunce	$1,648 \times 10^7$
Mraky	689,7
Modrá obloha	101,1
Osluněné listy	23,52
Listy ve stínu	1,25

4.3.1.3. Složení světla

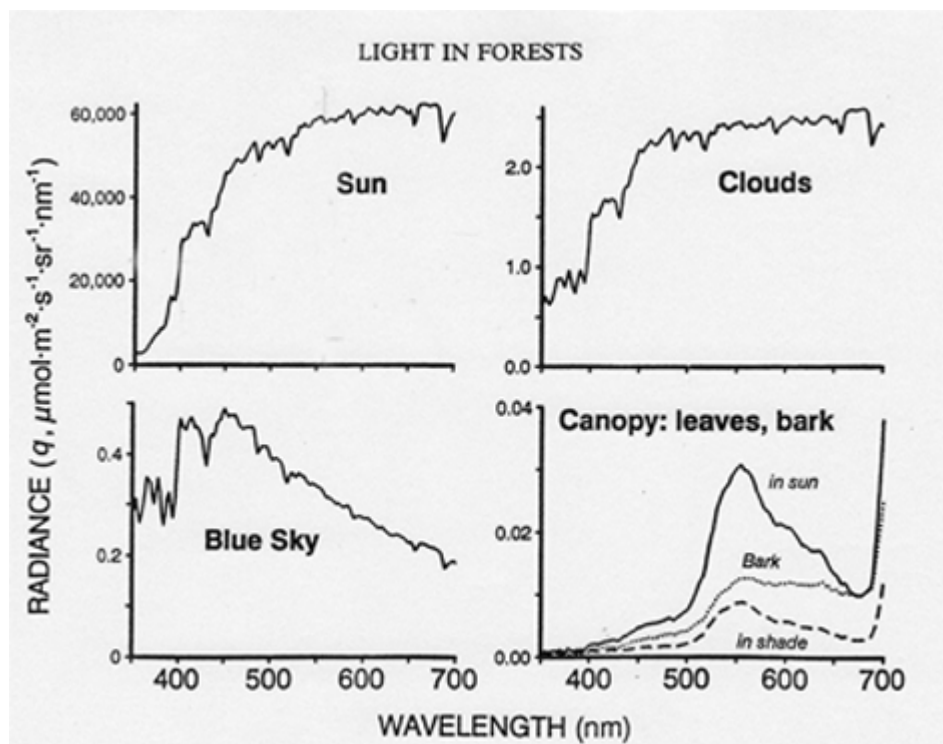
Ty právě diskutované radiance nerozlišují jednotlivé spektrální oblasti. Protože barvy a barevné vidění spočívají na rozdílných vlnových délkách, je nutné brát v úvahu spektrální složení světla.

Světlo odrážející se od nějaké plochy a přicházející k pozorovateli je závislé na

- složení okolního světla, kterým je daná plocha osvětlována
- reflexních vlastnostech plochy (např. list s maximální spektrální odrazivostí na 555nm)
- mediu mezi plochou a pozorovatelem (čistý vzduch, opar, mlha)

Reflexní (odrazivé) vlastnosti nějaké plochy zůstávají zpravidla přinejmenším po delší časové období konstantní a zatažení media (kromě při velice zamřazeném počasí nebo oparu) lze zanedbat. Náš hlavní oční vjem záleží na složení okolního světla, které se může silně měnit s místem, počasím, a denní dobou.

Obr. 18 ukazuje spektrální složení přímého slunečního světla, oblačné nebo jasné oblohy, a světla odraženého okolní vegetací. Ty křivky vykazují velké rozdíly v intenzitě a rozdíly ve spektrálním složení. Spektrum slunce je bohatší v oblasti větších vlnových délek viditelného světla (červenější) než bílé světlo odražené od mraků. Modrá obloha je bohatější na krátkovlnné světlo (modřejší), listy na světlo středních vlnových délek, a kůra odráží ve střední až dlouhovlnné oblasti viditelného spektra. UV-světlo (<400nm) vykazuje značný podíl při bezoblačné i oblačné obloze. Do značné míry však chybí uprostřed vegetace.



Vlnová délka (nm)

Obrázek 18: Spektrální složení světla (light environments) v různých místech výskytu světla (light habitats) v lesích (ENDLER 1993).

Druh výskytu světla („light habitats“)	Charakt. znaky	Spektrální složení světla („light environments“)
Stíny uvnitř lesa (Forest shade)	žádné paseky; žádné sluneční světlo či světlo z čisté oblohy, všechno světlo odrážené nebo přenášené z listů	Bohaté na střední vlnové délky viditelného světla; světelný dojem: zelená, žlutozelená
Stíny okrajových částí lesa (Woodland shade)	žádné paseky; žádné sluneční světlo, ale všeobecně světlo z otevřené oblohy hlavně světlo z listů	bohaté na krátkovlnné a UV světlo; světelný dojem: namodralý, modrošedý
Malé mýtiny (Small gaps)	Úhel otevření 0,5° (odp. Ø slunce), světlo slunce a vegetace, žádné světlo z otevřené oblohy	bohaté na větší vlnové délky viditelného spektra; světelný dojem: načervenalý
Velké mýtiny (Large gaps)	Úhel otevření mnohem větší než 0,5°; světlo od slunce a vegetace, ale z velké části i z otevřené oblohy	především „bílé“ světlo
Oblačnost všeobecně (forest shade, Woodland shade, small gaps, large Gaps)	-	především „bílé“ světlo
Ranní světlo, večerní světlo	-	chudé na střední vlnové délky viditelného spektra; Světelný dojem: purpurový („purplish“)

ENDLER rozlišuje *light habitats* (kupř. lesní stíny, žádné nasvícení) a *light environments* (spektrální složení světla). Výzkumy poskytly čtyři *light habitats* při respektování denní doby a oblačnosti a vedly k diferenciaci pěti druhů nasvícení z hlediska spektr. složení - *light environments* (Tab.17).

4.3.1.4. Význam proměnlivého okolního světla pro barvu kontrast

Spektrální složení okolního světla má na vzhled nějakého objektu různých odrazivých vlastností – barvy, (hue), jas (brightness) a barevné sytosti (chroma) – rozhodující vliv. Podle ENDLER (1993) lze odvodit následující:

- Barevný dojem nějaké plochy závisí na reflexních vlastnostech (konstantní) a momentálním (proměnném) spektrálním složení okolního světla.
- S určitou změnou okolního světla se mění kontrasty mezi plochami (nebo skvrn) rozdílné spektrální reflektance, protože se spektrální radiance těchto ploch různým způsobem mění.
- Jas nějaké plochy určitého barevného dojmu závisí na podobnosti spektrální odrazivosti se spektrálním složením okolního světla.
- S různou změnou barevného jasu různých ploch (nebo skvrn) se mění achromatické kontrasty.
- Stupeň ovlivnění barevného dojmu a barevného jasu prostřednictvím okolního světla závisí na barevné sytosti (chroma). Čím je barevná sytost nějaké barvy slabší, tím méně kolísají barevný dojem a jas s okolním světlem.

4.3.2. Vnímání a chování.

4.3.2.1. Šest fotoreceptorů a olejové kuličky

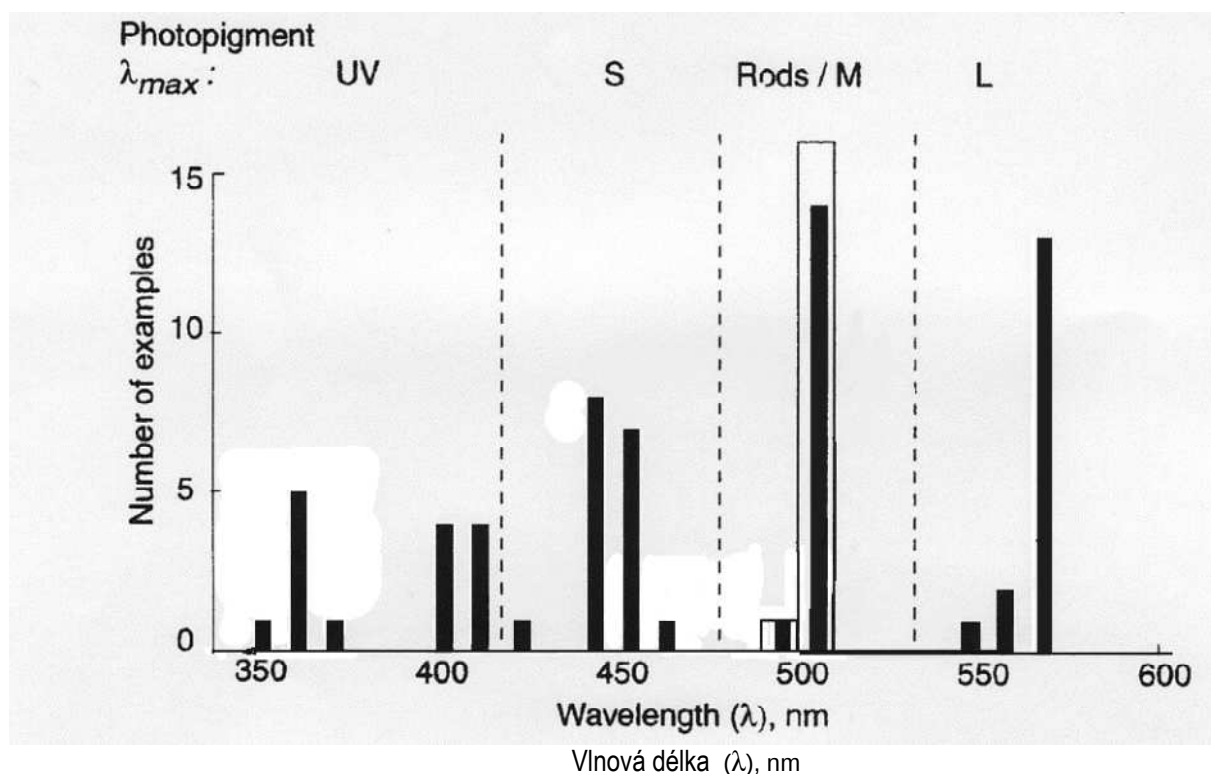
U obratlovců a hmyzu dochází k vnímání světla prostřednictvím receptorů v očích. U ptáků existuje obecně podobný mechanismus jako u lidí. Fotoreceptory však vykazují velice základní rozdíly : Existuje čtvrtý typ čípků, pro extrémně krátkou UV-oblast, resp. tzv. fialová oblast, další pro světlo-tmavé vidění s důležitými úlohami pro sledování pohybu a existují také olejové kuličky, které jsou předsazeny fotoreceptorům a působí jako barevný filtr.

Tab. 18 ukazuje úlohy sítnicového aparátu receptorů.

Aparát receptorů sítnice		Úloha
Rods	Tyčinky	Stmívací vidění
Singel cones	Čípky, 4 typy	Barevné vidění
Double cones	Dvojité čípky, 1 typ	Jasové a pohybové vidění malé struktury
Oil droplets	Olejové kuličky	Předřazené barevné filtry

4.3.2.2. Vnímání barvy

Zatímco lidé disponují ⁶ trichromatickým systémem (tři typy čípků), mají ptáci čtyři druhy čípků („single cones“) s předsazenými olejovými kuličkami různého zabarvení, sloužícími jako barevné filtry) pro tzv. tetrachromatický systém. Tři ze čtyř *singel cone* – receptorů vykazují citlivosti (*peak sensitivities* ⁷ λ_{max}) ve spektrální oblasti vnímání lidí, čtvrtý typ čípků rozšiřuje vnímání světla v krátkovlnné oblasti UV-A resp. v této oblasti fialového světla (obr. 20). *Passeriformes* ukazují pro UV-čípky citlivosti *peak sensitivities* v kratších vlnových délkách než *Non-Passeriformes* (Tab. 19).



Obr. 19: Počet spektrálních maxim citlivosti u 17 druhů ptáků se čtyřmi typy čípků ve spektrální oblasti 350 až 600nm. U citlivosti UV-čípků se pole dělí do dvou skupin (cca 360nm a cca 400nm), citlivost S-, M- a L-čípků souhlasí dobře u všech 17 druhů ptáků. OSORIO ET AL. 1999

Obr. 19 (OSORIO ET AL. 1999) ukazuje vedle obou rozdílných citlivostí UV-receptorů také špičkové citlivosti (*peak sensitivities*) pro S-, M- a L- receptory 17 různých druhů ptáků s nepatrným interspecifickým rozptylem (BOWMAKER ET AL. 1997, VOROBYEV & OSORIO 1998).

⁶ Trichromatismus primátů je uvnitř savců výjimkou, obecně vidí savci dvouchromaticky.

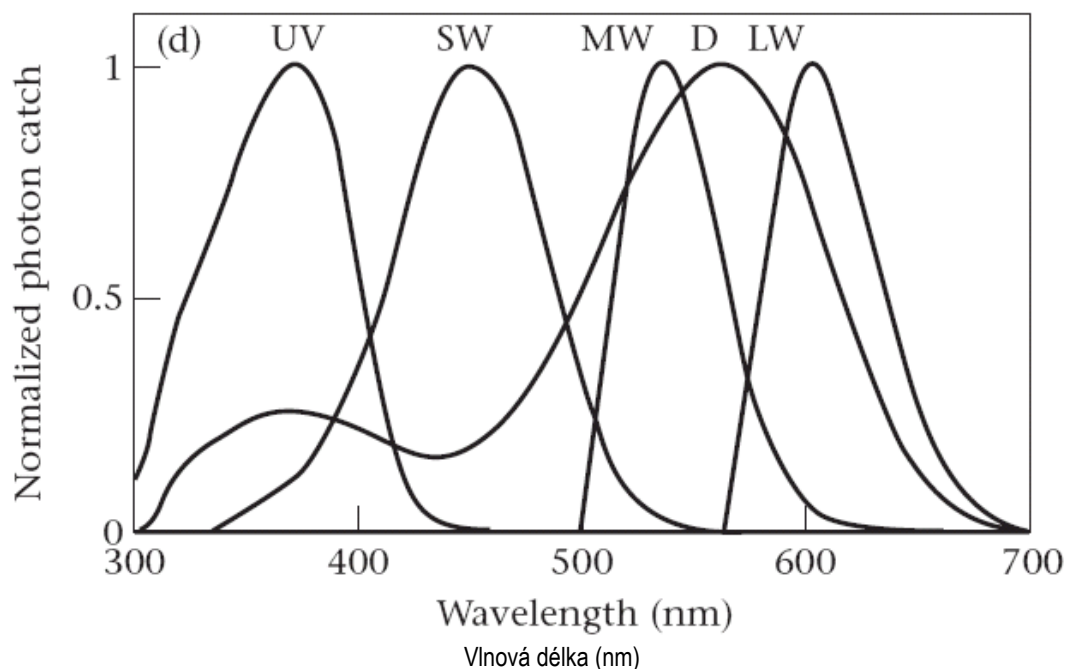
⁷ *Peak sensitivity*: Vlnová délka pro nejvyšší citlivost receptoru

Tabulka 19: Špičkové citlivosti (*Peak sensitivities*) UV – čípků podle mikrospektrofotometrických měření různých autorů v : OSORIO ET AL. (1999).

	Peak sensitivity λ_{max} UV čípku Nm
Non – Passeriformes (ne – zpěvaví ptáci)	
Tučňák Humboldtův (<i>Spheniscus humboldti</i>)	403
Kachna divoká (<i>Anas platyrhynchos</i>)	420
Holub domácí (<i>Columba livia</i>)	410
Passeriformes (ptáci zpěvaví)	
Kos černý (<i>Turdus merula</i>)	365
Špaček obecný (<i>Sturnus vulgaris</i>)	362
Sýkora modřinka (<i>Parus caeruleus</i>)	367

Percentuální rozdělení čípků na sítnici:

VOROBYEV & OSORIO (1998) citují různé autory a vycházejí z číselných poměrů u lidí 1S:16M:32L, pro Timálii čínskou *Leiothrix lutea* (zpěvaví ptáci) je to 1UV:2S:2M:4L a pro holuba domácího *Columba Livia* je to 1UV:1S:1M:2L. U člověka může kvocient M:L individuálně velice kolísat. DILLENBURGER (2001) našel pohlavně – specificky různé kolísání, což mohlo být vysvětleno prostřednictvím chromozomálních mechanismů. Dosud není známo, jaký vliv má poměr mezi fotoreceptory na vlastní vnímání. Barevné vnímání u primátů by nemělo být ovlivněno (DOBKINS ET AL. 2000).



Obr. 20: Standardizovaná spektrální citlivost čtyř čípků *singel cones* (UV, SW, MW, a LW) a dvojitých čípků *double cones* (D) u sýkorky modřinky (*Parus caeruleus*). (STUART-FOX ET AL. 2003 dle : HART ET AL. 2000)

4.3.2.3. Význam chromatických kontrastů.

Snižování chromatického kontrastu k maskování, resp. rozvinutí vysokého chromatického kontrastu k odstrašení predátorů (aposematismus⁸) jsou k přežití potřebné prvky na straně vizuálního projevu. Chromatické kontrasty mají velký význam pro volbu partnera (sexuální dichromatismus⁹), při vyhledávání potravy a pro identifikaci objektů velkoplošného barevného vjemu.

SCHMIDT ET AL. (2004) objevili u Květomilů modrých (*Thraupidae*), že nikoliv barva plodů (červená, zelená, černá a bílá) per se, nýbrž barevný kontrast mezi plody a pozadím představují klíč pro vyhledávání potravy. Ptáci nevykazovali žádné upřednostňování červených (umělých) plodů, nýbrž upřednostňovali červené plody před zeleným pozadím a zelené plody před červeným pozadím.

SCHAEFER ET AL. (2006) zkoumali účinek chromatických a achromatických kontrastů na vránách. Červené umělé plody (1-2cm Ø) s vysokým chromatickým kontrastem vůči palmové vegetaci byly objeveny z větší vzdálenosti než černé umělé plody s nepatrným chromatickým kontrastem. Četné plody, které jsou ptáky rozšiřovány, odrážejí UV-světlo, což může být považováno za nepřímý odkaz na korelaci s UV-citlivými mechanismy u ptáků (viz. BURKHARDT 1982).

SCHAEFER ET AL. (2006) odstranili z borůvek (*Vaccinium myrtillus*) UV-reflexní povlak a snížili tak chromatický kontrast vůči jednotvárnému pozadí vegetace. Nedotčené UV-odrážející plody byly rozpoznávány na větší vzdálenost než zmanipulované, neodrážející borůvky s malým chromatickým kontrastem.

Také primáti odhalí ve velice jasově heterogenním listoví (vysoké achromatické kontrasty světla a stínu, malé chromatické kontrasty mezi listy) plody převážně prostřednictvím chromatických mechanismů (SUMNER & MOLLON 2000).

OSORIO ET AL. (1999) testovali význam chromatických a achromatických kontrastů ve vztahu k velikosti objektů na denních kuřatech při klovacích zkouškách. Ukázaly se jasné rozdíly: u větších objektů (5mm) byly proti šedému pozadí upřednostňovány „modré“ a „oranžové“ objekty produkující chromatické kontrasty a bílé (produkující achromatický kontrast) byly ignorovány.

Chromatické kontrasty v oblasti zbarvení těla zvířat a chromatické kontrasty mezi zbarvením těla a okolním prostředím jsou důležité pro vztah dravec – oběť (maskování, aposematismus⁸) i pro pářecí mechanismy.

Interakce mezi květy a opylováním nebo mezi ovocem a rozšiřováním semen jsou dalšími příklady.

UV-odrazivost může přitom hrát velice důležitou roli (BURKHARDT 1989). Protože chromatické kontrasty s okolním světlem a barevností pozadí jsou proměnné a mobilní organismy jsou ve volbě okolí flexibilní, existuje určitá flexibilita, v možnosti k nastavení nebo potlačení chromatických signálů. Expozice různých částí těla vůči různým zdrojům světla je jednou takovou možností, jak signály měnit. (ENDLER 1993, SANTOS 2005, HEINDL & WINKLER 2003).

⁸Aposematismus: Zastrášení nepřátel nápadným zbarvením, které signalizuje nedobrou chuť nebo schopnost obrany. (kupř. mlok skvrnitý)

⁹ Sexuální dichromatismus: Rozličné zbarvení sameček a samiček

4.3.2.4. Jasové vidění se uskutečňuje v delší vlnové oblasti viditelného světla

Jasové vidění se uskutečňuje u ptáků prostřednictvím páteho fotoreceptoru v ptačím oku, dvojitých čípcích (*double cones*). Tyto receptory mají vysokou citlivost pro spektrální oblast 500 – 650 nm (obr. 20). Počtem obnášejí tyto *double cones* u pozemských ptáků 35 – 56% čípků (HART 2001). U mořských ptáků je to jen 29 – 34% (HART 2004).

Jasové vidění je tedy umístěno v delší vlnové oblasti viditelného spektra. Zachycení achromatických kontrastů se **děje evidentně rychleji** než rozpoznání barev, protože pohybové vidění a zaznamenání malých struktur pomocí jasového vidění patří k achromatickému mechanismu (OSORIO ET AL. 1999). Čípky *double cones* hrají pro terestrické ptáky¹⁰ hlavní roli při vnímání pohyblivých světelných podnětů.

4.3.2.5. Význam achromatických kontrastů (jasové kontrasty světlý – tmavý)

Pro člověka jsou všechny vizuální, pro přežití podstatné informace obsaženy v jasových kontrastech. Informační ztráta při přechodu z barevného snímku na černobílý je většinou otázkou vkusu, zřídka už otázkou informačního obsahu. Pohybující se předmět je rozpoznáván jako takový na základě měnících se jasových kontrastů. Jen v řídkých případech skutečně izochromatických¹¹ zobrazení nelze kupř. opravdu rozpoznat červenou ponožku od zelené. (VIZ. DILLENBURGER 2001).

Achromatické kontrasty hrají u ptáků hlavní roli v pohybovém vidění, tedy pro vnímání a kontrolu vlastního pohybu a k rozlišení pohybujiících se objektů. V kap. 4.3.2.2. byl nastíněn význam achromatických mechanismů. Pro pohybové vidění. Rovněž pro hledání potravy jsou achromatické kontrasty významné – rozpoznání pohybujiící se kořisti a malých objektů. Zatímco jsou při chromatických kontrastech spíše rozpoznávány a diferencovány barevné plochy, umožňují achromatické kontrasty rozeznávání obrysů a malých struktur.

Při hledání potravy vedly achromatické kontrasty u vran (SCHAEFER ET AL. 2006) k menší rychlosti, resp. k reakci na menší vzdálenost, na (černé) zkušební plody, než u chromatických kontrastů (červené plody).

Zobací pokusy na jednodenních kuřatech popisované ve 4.3.2.3. - OSORIO ET AL. (1999) ukazovaly pro malé objekty (2mm) opačné výsledky než zkoušky s velkými (5mm) objekty. Malé bílé objekty (achromatické kontrasty) byly klovány přednostně, a modré a oranžové objekty ignorovány. U větších objektů byly modré a oranžové objekty produkující na šedém pozadí chromatické kontrasty upřednostňovány a bílé (vytvářející achromatické kontrasty) ignorovány.

Jako na malé pohybujiící se objekty s výlučně achromatickým kontrastem je třeba nazírat na létající dravce na obloze. Nálety jestřábů, ostřížů atd., spadají jednoznačně do kategorie pohybového vidění. K tomu odpovídající účinky siluet dravých ptáků, viz 4.2.2.

¹⁰ Možná je tomu u mořských ptáků (v krátkovlnném ambiente) jinak. HART (2004) uvádí menší počty dvojitých čípků *double cones* u různých druhů mořských ptáků a odvozuje z toho, že ty spíše v dlouhovlnější oblasti citlivé *double cones* čípky jsou u mořských dravců méně účinné a možná proto i v menším počtu.

¹¹ Izochromatismus : Suma vzruchových stavů všech fotoreceptorů kupř. od dvou barev je přesně stejná.

4.4. Konsekvence z teoretických úvah

Není možné, ze zrakových schopností člověka odvozovat zrakové schopnosti ptáků. Přesto jsou četná nápadná zbarvení a zobrazení kontrastů v přírodě rovněž pro člověka velice atraktivní, resp. působí na mechanismy maskování rovněž i u člověka. Nic nepoukazuje na zásadní rozdíly ve vnímání barev mezi člověkem a ptákem,, kromě rozdílů u UV-, resp. fialových receptorů, , které umožňují vnímat ptákům ve velice krátkovlnné oblasti „barvy“, ve které nevykazují lidé žádnou schopnost vnímání. Rešerše literatury v kap. 4.3.2. však ozřejmuje, že tuto citlivost nelze generalizovat.

4.4.1. Dichotomie vidění

Běžná dichotomie vidění existuje i u lidí mezi fotopickým a skotopickým viděním, tedy mezi barevným „denním viděním“ za použití čípků (*cones*) a achromatickým „nočním viděním“ za použití tyčinek (*rods*).

Literatura citovaná v 4.3.2. vede k další dichotomii „pomalého“ a „rychlého“, chromatického a achromatického vidění. Přitom hrají dva druhy receptorů (*single- a double cones*) rozdílnou roli. *Double cones* jsou jednoznačně uváděny do souvislosti s pohybovým viděním. Zpracovávají středo- a dlouhovlnné signály a uvádějí do chodu achromatické mechanismy. V souvislosti s tím se přinejmenším nedá vyloučit, že jsou za pohybové vidění výlučně zodpovědné středo- a dlouhovlnné signály.

Toto má důsledky pro vývoj účinných varovných značení na transparentních deskách. Vytvoření účinného odstrašovacího mechanismu pro létající ptáky, nás zavádí do oblasti pohybového vidění, tedy ke strukturám a vlnovým délkám vnímatelným i za rychlého letu.

K vývoji intenzivních kontrastů při pohybovém vidění přispívají „černé“ a „bílé“ resp. všechny velmi světlé a velmi tmavé barevné tóny vlnových délek mezi 500 a 650nm (známé z achromatického mechanismu jako světlé a tmavé stupně šedé).

Tyto právě prezentované úvahy poskytují

- dodatečné vysvětlení, proč je strnulá silueta ptačího dravce, která simuluje nalétávajícího predátora neúčinná a
- vysvětlení, proč jsou Značení spočívající výlučně na UV-bázi málo účinná

4.4.2. Slepé uličky siluet dravých ptáků

Myšlenka použití odstrašujícího účinku siluet dravých ptáků vychází pravděpodobně z pokusů - LORENZ und TINBERGEN (cit. v SCHLEIDT 1961), kteří při pokusech ve volné přírodě zjistili, že určité tvarové znaky (krátký krk a dlouhý ocas, atd.) spouštějí u krůt útěkové chování. SCHLEIDT (1961) opakoval tyto pokusy za laboratorních podmínek a mohl

1. konstatovat, že nezkušené krůty (ty od LORENZ und TINBERGEN nebyly nezkušené) nereagují na určité tvarové znaky specificky (kříž, kruh, pruh, atd.) a

2. ukázat, že útěkové chování koreluje se vzácností určitých podnětů a ubývá, je-li ta samá silueta ukázána častěji.

Zmíněné pokusy byly prováděny s pohyblivými se siluetami. Podle rozdílů ve vnímání vzruchů nastíněných v Kap. 4.3.2. a tím souvisejících rozdílů v neuronálním zpracování vzruchů si musíme připustit, že útočící dravci a staticky nalepené siluety jsou ptáky vnímány odlišně a jsou také rozdílně vyhodnocovány. Pro odhalení akutního útoku nějakého nepřítele (pohybové vidění) je zodpovědný achromatický mechanismus s velmi vysokým časovým rozlišením (viz. Kap. 4.3.2.5.). Tyto vizuální vzruchy, přicházející od vysokou rychlostí nalétávajícího dravce (nebo jiného predátora), jsou identifikovány jako 1) překvapivé, 2) s rychlým pohybem a jsou eventuálně, 3) identifikovány jako řetězec jednotlivých obrázků se znaky struktur, které zapadají do naučeného poplachového schématu. Na skleněnou desku nalepená silueta se svou velikostí a nepohyblivostí nutně k tomuto mechanismu nepřihlíží. Je třeba si uvědomit, že tyto nepohyblivé se siluety, které jsou 1) nepřekvapující, 2) bez vlastního pohybu a 3) coby velký objekt, spouštějí jiné reakce, které se dostávají do jiné části mozku a jsou zpracovávány jako „objekt - překážka v letu“, který je třeba v určité vzdálenosti minout, tak jako nějaká větev, či jinou překážku. **Proto může poblíž siluety dojít k nárazu ptáka do skla, což se také děje.** Neúčinnost této metody byla již mnohokrát prokázána (kupř. B. KLEM 1990, TRYBUS 2003).

4.4.3. Slepé uličky UV–varovného značení ?

Efekt pavoučí sítě popisovaný v BUER & REGNER (2002) má ptáky odstrašit. Pavoučí vlákna obsahují UV – odrazivé substance k aktivnímu nalákání hmyzu. Přitom má současně dojít k určitému druhu Aposematismu (viz Kap. 4.3.2.3.), který má ptáky naopak odradit. Z toho vyvozují BUER und REGNER doporučení, vyvinout „neviditelná varovná značení“ skleněných desek na bázi UV – reflexe, které by měly ptáky ochránit před kolizí, protože jsou stavu vnímat UV – záření.

BUER und REGNER dospěli možná k nějaké chybné interpretaci prací BURKHARDT & MAIER (1989), BURKHARDT (1992) a jiných, kteří interpretují principiální schopnost ptáků vnímat UV – záření, jako obecně platnou a nerozlišují přitom různé mechanismy vidění s rozličným neurálním zpracováním signálů. Schopnost rostlin a zvířat odrážet UV – záření je obvykle dávana do souvislosti s atraktivitou a nikoliv s odstrašováním, možná také s kategorií signálů pro rozličné kategorie vidění (pohybové vidění a „vyhledávací vidění“).

Dosud nebylo zkoumáno, zda pohybové vidění hraje podřadnou, centrální, nebo exklusivní roli, pokud má dojít k zamezení nárazům ptáků do skla. Pokud by se mělo ukázat, že pohybové vidění hraje centrální roli, musí se prozkoumat otázka schopnosti vnímat krátkovlnné světlo v rámci pohybového vidění. Hodně argumentů zatím hovoří tak, že v rámci pohybového vidění není krátkovlnné světlo vnímáno (Kap. 4.3.2.). Pokud by tomu tak bylo, byla by UV – varovná značení ve většině případů podřadného významu.

V sestavě srovnatelné s naším uspořádáním (ovšem s umělým osvětlením) vyšetřoval LEY (2004) v 17 pokusových řadách účinnost UV – A – odrazivých a UV – A – absorbujících materiálů z hlediska vlivu na

zamezení nárazů ptáků. 16 pokusových serií nevykazuje) u absorbujícího materiálu žádné signifikantní vyhýbací chování (v jednotlivých porovnáních). Jedno varovné značení vykazuje signifikantní účinek. Pokus byl opakován a vykazuje jednou 23,5% a opakovaně 27% náletů na „značenou desku“. Účinnost tedy nedosahuje ani této kupříkladu u **10 v** nebo „Acryl horizontal“. To přitakává hypotéze, že ve zrakových situacích pohybového vidění nehrají UV- komponenty žádnou roli, protože ptáci jsou i při zkoušce volby převážně odkázáni na mechanismy pohybového vidění. V situacích ve volné přírodě při rychlém pohybu může mít tento moment ještě větší význam.

4.4.4. Existují účinná varovná značení ?

4.4.4.1. Co je účinnost ?

Naše vyšetřování jsou jako ony zkoušky volby od KLEM (1990) und LEY (1994). Při takovýchto zkouškách volby znamená výsledek 50 : 50 „ náhodné rozdělení “, tedy účinnost je 0%. Bylo by matematicky nesprávné v takovém případě hovořit o 50%-ní účinnosti, nebo v případě 10%-ního narážení na značené desky hovořit o 90%-tní účinnosti, či zmenšení rizika. Smysluplnějším pro zjištění hodnoty „ účinnosti “, avšak z hlediska statistických zákonitostí problematickým a přípustným jen pro mnohokrát opakované pokusy, je zdvojnásobení chybných rozhodnutí. 25% „chybných rozhodnutí znamená proto možnou polovinu úmrtnosti a ne redukci o 75%, . . . 15% chybných rozhodnutí znamená možnou redukci úmrtnosti o 70% a ne o 85%. V případě počtu vzorků u našich zkoušek nejsou seriózní výroky takové váhy možné.

Další omezení související s velikostí počtu vzorků se rýsuje u diferenciací velmi dobrých varovných značení : V oblasti kolem jednoho sta pokusů nemůže být zajištěn statisticky rozhodující rozdíl mezi kupř. pěti a deseti kolizemi, protože nelze vyloučit, že tento rozdíl se nachází v náhodné oblasti. Ekvivalentně tomu nemůže být s jistotou rozlišováno mezi deseti- a dvacetiprocentní „účinností“.

4.4.4.2. Signifikantně lepší než účinné.

Všechna v roce 2006 vyšetřovaná varovná značení jsou účinná. Nás však zajímá jak jsou účinná a zda existují rozdíly v účinnosti varovného značení. V oblasti 80 – 90 vyhodnotitelných zkoušek volby je stále ještě možné provádět diferenciaci mezi „ účinnými značeními “ : S varovným značením „ Acryl horizontal “ lze dosáhnout signifikantně vyšší účinnosti, než s průměrem účinných varovných značení. U značení **10 h** a **15 v**, která jsou každopádně „ účinná “, je tato účinnost signifikantně menšího rozsahu, než je průměr (Kap. 3.2.).

V souhrnu lze říci : Je mnoho možností, jak provádět varovná značení. Výsledek „ účinný “ však nemůže být cílem naší spokojenosti, dokud bude sklo používáno s rostoucí měrou v oblasti životního prostoru ptáků. „Účinná varovná značení“ jsou pro ptačí faunu tehdy účinná, když nejen kompenzují rostoucí používání skla, nýbrž když povedou ke zvrácení trendu zabíjení ptáků nalétáváním na sklo. Formulováno v Hohenauerských výsledcích je cílem vytvořit taková varovná značení, která stlačí nálety na značení při zkoušce volby do oblasti 5 až 10 procent. To je možné v případě akrylové desky PLEXIGLAS SOUNDSTOP® . Všechna značení (kromě 10 h a 15 v) dosáhnou tohoto cíle při optimálním nasvícení pozadí, pro špatné světelné podmínky to však neplatí.

4.4.5. Aktuální doporučení

Musí zůstat v povědomí, že narážení do skla u dobře rozpoznatelných varovných značení bude redukováno, nikoliv však odstraněno. Zvýšené používání skla relativizuje účinnost varovného značení.

Doporučuje se, značení **10 h** a **15 v** už dále nepoužívat. Značení 10 h, tedy vodorovné bílé pruhy s odstupem 10cm bylo od začátku Hohenauerských zkoušek 2004 případ od případu doporučováno a lze se s ním na budovách nebo u protihlukových stěn setkat. Horizontální linie lze akceptovat jen s malým odstupem pruhů, zatímco vertikální pruhy jsou použitelné až do odstupů do 10cm.

„Acryl horizontal“ lze v současné době bez omezení používat k redukcí počtu narážení ptáků do skla. Existují stále ještě faktory, které možná nemohly být při zkouškách dostatečně brány v úvahu a není také rovněž dostatečným způsobem vysvětleno, proč „PLEXIGLAS SOUNDSTOP®“ dosahuje lepších výsledků než je tomu u ostatních varovných značení. Vše však hovoří pro velmi dobrou slučitelnost této desky s cílem snížení počtu nárazů do skla.

Dále může být doporučováno **10 v**. Jak také odpovídá výsledkům z roku 2006, je **10 v** při velmi rozptýlových světelných podmínkách jak se očekávalo méně účinné než v létacím tunelu I (Létací tunel I: 2004: 4,6%, 2005: 6,7%, Létací tunel II: 2006: 12,5%). S varovnými značeními typu **10 v** lze ve většině případů použití očekávat dosažení redukce ztrát ptáků o dvě třetiny (po více než 250 pokusech s tímto značením se jeví toto tvrzení jako přípustné) .

Kombinace černý pruh – bílý pruh se prozatím nedoporučuje. V následujících zkouškách bude zkoušení účinku kontrastů ještě posíleno, prozatím není tato oblast otázek v rámci zkoušek 2006 ještě dostatečně uchopitelná. Redukce šířky pruhů na kupř. 5mm, resp. velikosti prvků obecně se prozatím nedoporučuje. Zde je třeba ještě stanovit, kterého působení na dálku musí být dosaženo, a provést vyšetření, jaké rozměry v módu pohybového vidění jsou ještě dobře rozlišovány.

Výlučně v UV – oblasti účinkující varovná značení nejsou ještě na trhu. Toho času dostupná data poskytují spíše sklon ke skepsi, že by se účinnost zvyšovala s použitím dobře kontrastujících a „viditelných“ varovných značení. Obecně vedou data z výzkumů zmíněných v Kap. 4.3. spíše k domněnce, že pohybové vidění nezahrnuje v sobě UV-světlo. Předem nelze poskytovat ani žádná doporučení k aplikaci barevných varovných značení. Teoreticky lze dávat přednost vysokému jasu, vysoké barevné složce, a oblasti vlnových délek mezi 500 a 650nm. Účinnost závisí údajně na achromatických komponentech.

4.5. Další kroky

4.5.1. Další experimenty

Jak již bylo zmíněno v Kap. 1, bude muset být průzkum nových a optimalizace starých varovných značení (kupř. minimální stupeň zakrytí, nejmenší velikost objektů, atd.) také v budoucnu důležitou součástí našich výzkumů. K tomu patří rovněž bezpečné vyloučení chybných vývojových prvků na bázi negativních výsledků.

Vícekrát byl již očekáván negativní výsledek, testy však přinesly přijatelnou nebo velice dobrou účinnost. Takovéto výsledky jsou často provázeny velmi přínosnými procesy poznávání.

Po překvapivých výsledcích z roku 2006, že totiž nejsou žádné znatelné rozdíly mezi extrémní černou a extrémní bílou, se vynořuje otázka, nejsou-li třeba také žádné znatelné rozdíly obou těchto značení vůči šedé. Taková skutečnost by mohla potvrdit účinnost bezbarvého semitrparentního varovného značení „Korále“ v roce 2004 (nikoliv však vysvětlit). V roce 2007 by měly být rovněž vyšetřeny tyto typy varovného značení s přiměřeným „kontrastním potenciálem“, konec konců nebyly výsledky s černou a bílou jednoznačné. Semitrparentní varovná značení pracují na jiném principu než folie, které jako nějaký filtr některé vlnové délky eliminují, ale kontury obrazců nemění. Podle tohoto λ -specifického principu fungují pravděpodobně i UV - varovná značení. Semitrparentní folie mění kompozici vlnových délek jen málo, rozptylují ale světlo, čímž se mění kontury a tím se dosahuje strukturálních kontrastů.

Za další mají být z toho důvodu testovány skutečné „barvy“, a svou roli tu mají hrát i „Spektrální odrazivost“, „Chromatický kontrast“ a „Achromatický kontrast“ (vysoká a nízká barevná sytost, vysoká a nízká hodnota jasu).

Úplně jiná cesta by mohla být nastavena aplikací pohybového dojmu, který zahrnují třidimenzionální varovná značení, resp. resp. varovná značení před a za deskou, která se vůči sobě v důsledku pohybových paralax navzájem posouvají. Rovněž na tom se pracuje.

Všechny pokusy a na ně navázaná měření okolního světla v roce 2007 jsou laděny s požadavky vývoje modelu k pozdějšímu zjištění kontrastů.

5 SHRnutí

Od roku 2004 jsou na biologické stanici Hohenau-Ringelsdorf zkoumána varovná značení skleněných desek, sloužící k redukci nárazů ptáků do nich. Doposud bylo v popředí zájmu tvarové vnímání, protože byla ta vyšetřování nejdříve prováděna za optimalizovaných světelných podmínek. Za účelem získání realistického odhadu účinku světla obecně a kontrastu obzvláště, byl zkoncipován a také zkonstruován nový létací tunel, kterým byl ten starý opuštěn. Zkušební zařízení je otočně horizontálně uloženo a sleduje běh slunce. Prostřednictvím dvou vertikálních zrcadel je přímé sluneční světlo paralelně, symetricky a stejnoměrně odráženo na obě zkoušené desky. Difuzní denní světlo přichází shora, ze stran a přes zrcadla k deskám. V „létacím tunelu II“ lze experimentálně zkoumat varovná značení za poměrů denního světla. Globální záření a světelné poměry za zkušebními deskami se měří, osvětlení desek (odrazivost varovných značení) se počítá prostřednictvím modelu.

Za rozptylových světelných podmínek při pokusech v roce 2006 se ukazují všechna vyšetřovaná varovná značení jako účinná. Neznačené sklo a neznačené akrylové sklo bez UV – propustnosti byly rovněž zkoumány. Ta skla nebyla vnímána a nebyla vyhýbána. V rámci osmi vyšetřovaných varovných značení vykazuje zkušební deska PLEXIGLAS SOUNDSTOP® se 2mm širokými černými horizontálně probíhajícími pruhy s odstupem 28mm nejvyšší účinnost. Varovná značení považovaná již v roce 2004 za málo účinná, tj. 15v (20mm široké bílé, vertikálně probíhající pruhy s odstupem 15cm) a ještě 10h (20mm široké bílé horizontálně probíhající pruhy s odstupem 10cm) však vykazují menší efektivitu. Prozatím nejsou žádné známky toho, že by se bílé a černé pruhy ve své účinnosti lišily. Nejsou rovněž žádné odkazy na to, že existují rozdíly mezi 2cm širokými a 0,5cm širokými pruhy.

Výsledky studií 2004 a 2005 se potvrzují, především při intenzitě světla v pozadí mezi 60 a 120W⁻² jsou výsledky z let 2004 a 2005 skoro přesně reprodukovány. Ukazuje se, že účinnost vyšetřovaných varovných značení závisí mnohem více na světelných poměrech v pozadí desek, než na kvalitě vyšetřovaných varovných značení. Při horším světle v pozadí varovná značení vynikají hůře a při středních světelných poměrech lépe.

Předložená zpráva se v analýze literatury věnuje novým poznatkům týkajícím se vizuální ekologie ptáků. Zdá se být nasnadě, že pohybové vidění ve středovlnné oblasti viditelného spektra je omezené a UV-vidění není s pohybovým kompatibilní. Pokud by se ukázalo, že mechanismy pohybového vidění hrají centrální roli při rozpoznávání varovných značení na skle, nachází se těžiště dalšího vývoje u achromatických varovných značení (bílá, šedá, černá) a barevných varovných značení z oblasti 500 – 650nm resp. varovných značení, která pohybová vidění obzvláště oslovují (pohyby desek prostřednictvím třídimenzionálních efektů).

6 LITERATURA

- Bowmaker, J.K., L.A. Heath, S.E. Wilkie & D.M. Hunt (1997): Visual pigments and oil droplets from six classes of photoreceptor in the retinas of birds. *Vision Res.* 37: 2183 – 2194.
- Buer, F. & M. Regner (2002): Mit „Spinnennetz-Effekt“ und UV-Absorbern gegen den Vogeltod an transparenten und spiegelnden Scheiben. *Vogel und Umwelt* 13: 31 – 41.
- Burkhardt, D. (1982): Birds, berries and UV. *Naturwissenschaften* 69: 153 – 157.
- Burkhardt, D. (1989): UV vision: a bird's eye view of feathers. *J. Comp. Physiol A* 164: 787 – 796.
- Burkhardt, D. (1992): Ultraviolettsehen bei Vögeln. *Nat. Wiss. Rundschau* 45: 253 – 258.
- Burkhardt, D. & E. Maier (1989): The spectral sensitivity of a passerine bird is highest in the UV. *Naturwissenschaften* 76: 82 – 83.
- Dillenburger, B. (2001): Bewegungssehen chromatischer isoluminanter Reize. Diplomarbeit Univ. Tübingen. 69 pp.
- Dobkins, K.R., A. Thiele & T.D. Albright. Comparison of red-green equiluminance points in humans and macaques: evidence for different l:m cone ratios between species. *J. Opt. Soc. Am. A*, 17: 545 – 556.
- Endler, J.A. (1978): A predator's view of animal color patterns. *Evolutionary Biology* 11: 319 – 364.
- Endler, J.A. (1993): The color of light in forests and its implications. *Ecol. Monographs* 63 (1): 1-27.
- Haberman S. (1973). The Analysis of residuals in cross-classification tables. *Biometrics* 29: 205 - 220.
- Hart, N.S. (2001): Variation in cone photoreceptor abundance and the visual ecology of birds. *J. Comp. Physiol. A* 187: 685 – 697.
- Hart, N.S. (2004): Microspectrophotometry of visual pigments and oil droplets in a marine bird, the wedge-tailed shearwater *Puffinus pacificus*: topographic variations in photoreceptor spectral characteristics. *Journal of Experimental Biology* 207: 1229-1240.
- Hart, N.S., J.C. Partridge, I.C. Cuthill & A. T. D. Bennett (2000): Visual pigments, oil droplets ocular media and cone photoreceptor distribution in two species of passerine bird: the blue tit (*Parus caeruleus* L.) and the blackbird (*Turdus merula* L.). *J. Comp. Physiol. A* 186: 375 – 387.
- Heindl, M. & Winkler, H. (2003): Interacting effects of ambient light and plumage color patterns in displaying wiretailed manakins (*Pipra filicauda*, Aves, Pipridae). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 53: 153 – 162.
- Klem, D. Jr. (1990): Collisions between birds and windows: Mortality and prevention. *J. Field Ornithol.* 61: 120 – 128.
- Ley, H.W. (2004): Experimentelle Überprüfung der Wahrnehmbarkeit patentierter Vogelschutzgläser durch eine Stichprobe mitteleuropäischer Gartenvögel. Radolfzell. 12 pp.

- Osorio, D., A. Miklosi & Z. Gonda (1999): Visual ecology and perception of coloration patterns by domestic chicks. *Evol. Ecol.* 13: 673 – 689.
- Richarz, K (2001): Glasscheiben als Vogelfallen. In: Richarz, K., E. Bezzel & M. Hormann Hrsg.: Taschenbuch für Vogelschutz. Wiebelsheim, Aula-Verl. 630 pp.
- Rössler, M. & T. Zuna-Kratky (2004): Vermeidung von Vogelanprall an Glasflächen. Experimentelle Versuche zur Wirksamkeit verschiedener Glasmarkierungen bei Wildvögeln. Wiener Umweltschutzwirtschaft, Wien. 40 pp. Online: www.wien.gv.at/wua/pdf/studie-roessler-zuna.pdf
- Rössler, M. (2005): Vermeidung von Vogelanprall an Glasflächen. Weitere Experimente mit 9 Markierungstypen im unbeleuchteten Versuchstunnel. Wiener Umweltschutzwirtschaft, Wien. 27 pp. Online: www.wien.gv.at/wua/pdf/studie-roessler.pdf
- Santos, S.I.C.O. (2005): Seeing the invisible. Ph.D. Thesis, Utrecht University, The Netherlands.
- Schäfer, H. M., D.J. Levey, Schaefer V. & M. L. Avery (2006): The role of chromatic and achromatic signals for fruit detection by birds. *Behav. Ecol.* 17: 784 – 789.
- Schleidt, W.M. (1961): Über die Auslösung der Flucht vor Greifvögeln bei Truthühnern. *Naturwissenschaften* 48: 141 – 142.
- Schmid, H. & A. Sierro (2000): Untersuchungen zur Verhütung von Vogelkollisionen an transparenten Lärmschutzwänden. *Natur und Landschaft*. 11:426 – 430.
- Schmidt, V., H.M. Schaefer & H. Winkler (2004): Conspicuousness, not colour as foraging cue in plant-animal signalling. *Oikos* 106: 551 - 557.
- Stuart-Fox, D.M, A. Moussalli, N.J. Marshall & I.P.F. Owens (2003): Conspicuous males suffer higher predation risk: visual modelling and experimental evidence from lizards. *Animal Behav.* 66: 541 – 550.
- Sumner, P. & J.D. Mollon (2000): Chromaticity as a signal of ripeness in fruits taken by primates. *J. Exp. Biol.* 203: 1987 – 2000.
- Trybus, S. (2003): Wirksamkeit von Greifvogelsilhouetten zur Verhinderung von Kleinvogelanprall an Glasfronten. Diplomarbeit. Hrsg. Wiener Umweltschutzwirtschaft, Wien. 34 pp.
- Vorobyev, M. & D. Osorio (1998): Receptor noise as a determinant of colour thresholds. *Proc. R. Soc. Lond. B* 265: 351 – 358.

Anschriften der Autoren:

DI Martin Rössler
Matznergasse 8/28
A- 1140 Wien
m_roessler@gmx.at

Ing. Wolfgang Laube
Universität f. Bodenkultur
Institut für Meteorologie
Peter Jordan Str. 82
A-1190 Wien
wolfgang.laube@boku.ac.at

Ao. Univ. Prof. Dr. Philipp Weihs
Universität f. Bodenkultur
Institut für Meteorologie
Peter Jordan Str. 82
A-1190 Wien
philipp.weihs@boku.ac.at