Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

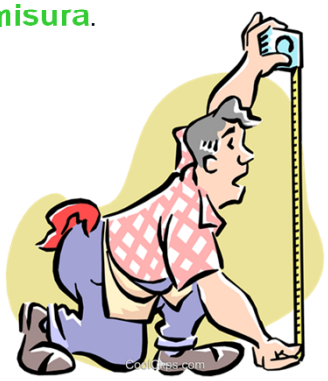
Istituto federale di metrologia METAS

# Misura e valutazione delle immissioni ed emissioni luminose

Dr. Peter Blattner, METAS

## Metrologia – «La scienza delle misurazioni»

**Misurazione**
Processo sperimentale tramite il quale si raccolgono **informazioni quantitative** riguardo ad una ben definita **grandezza di misura**.



## Le norme e le linee guida definiscono le grandezze di misura rilevanti

Internazionale:

- CIE 150-2017: Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations *(guida su limitazione degli effetti della luce molesta da installazioni di ill. esterna)*
- CIE 126-1997: Guidelines for Minimizing Sky Glow *(linee guida limitazione inquinamento luminoso)*

Europa:

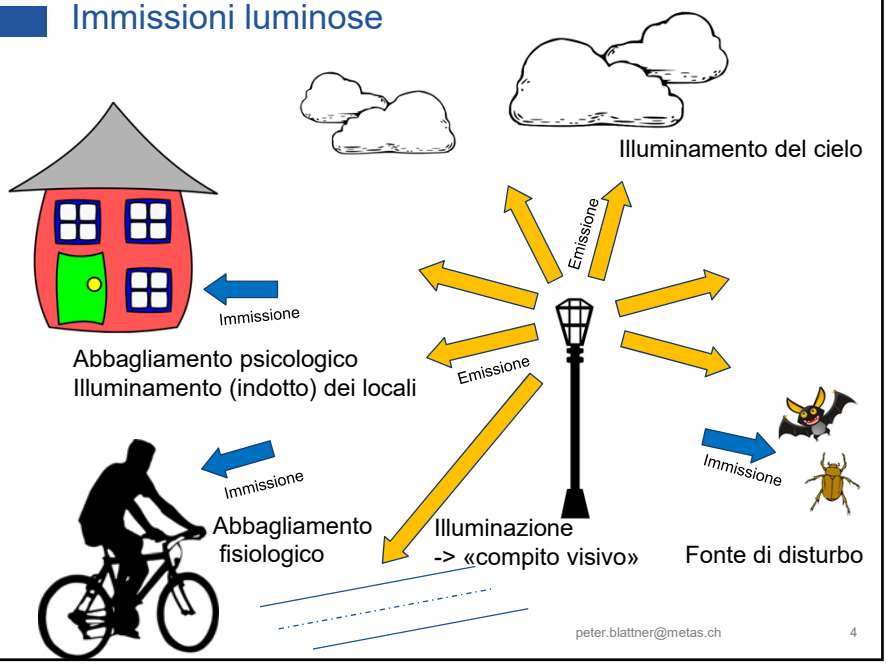
- EN 12464-2: 2014 Illuminazione posti di lavoro - Parte 2: Posti di lavoro in esterno
- EN 12193: 2007 Illuminazione di installazioni sportive
- EN 13201-2: 2015 Illuminazione stradale – Parte 2: Requisiti prestazionali

D-A-CH:

- **UFAM : consultazione «Emissioni luminose: aiuto all'applicazione** **(12.04.2017)**
- LiTG 12.3 -2011 : Empfehlungen für die Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen künstlicher Lichtquellen
- LAI-2012 Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen
- (SIA 491:2013 Prevenzione delle emissioni di luce esterne inutili)
- ÖNORM O 1052 «Lichtimmissionen – Messung und Beurteilung»



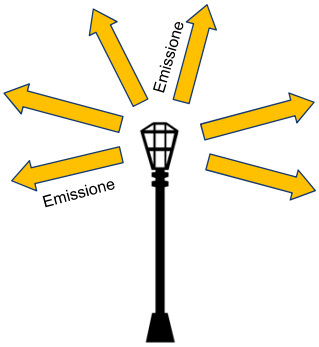
## Immissioni luminose



## Valutazione «in laboratorio»

Non tutte le grandezze di misura possono essere «facilmente» definite sul posto

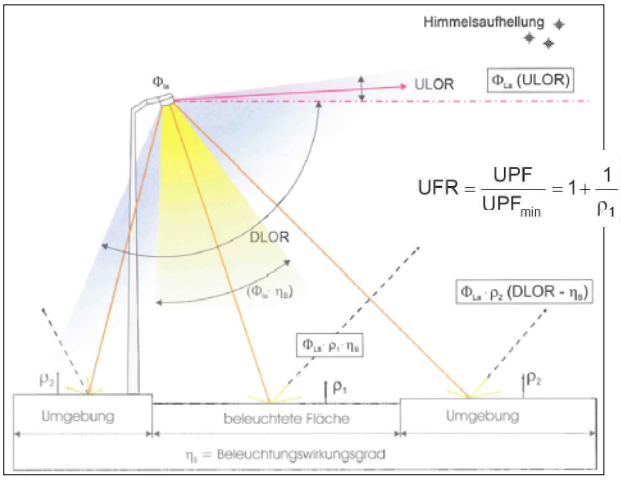
**Illuminamento del cielo**




CIE 150-2017 / LiTG 12.3:
UFR-Verfahren



## Illuminamento del cielo
## Metodo UFR (Upward Flux Ratio, It: frazione di flusso luminoso verso l'alto)

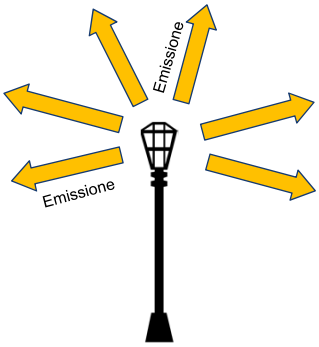


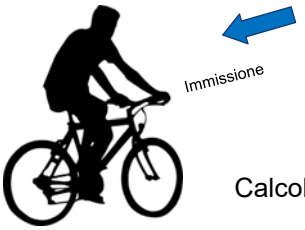

$$UFR = \frac{UPF}{UPF_{min}} = 1 + \frac{1}{\rho_1}\left[\frac{ULOR}{\eta_B} + \rho_2\left(\frac{DLOR}{\eta_B} - 1\right)\right]$$

I valori dipendono dall'angolo di orientamento e di inclinazione del corpo illuminante e dal grado di riflessione delle superfici!!

## Abbagliamento fisiologico: incremento valore di soglia (*Schwellenwerterhöhung*)

«TI-Wert» *(incremento soglia)*



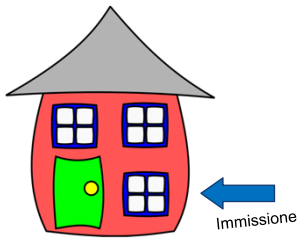

Calcolo sec. EN 13201-3:2015

$$f_{TI} = 65\frac{L_v}{(\bar{L}_i)^{0,8}}\ \% \qquad L_{vk} = 9{,}86 \cdot \left[1 + \left(\frac{A_y}{66{,}4}\right)^4\right]\frac{E_k}{\theta_k^2}$$

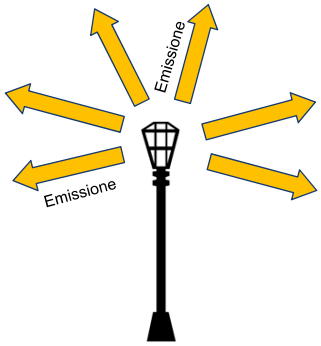
Misurazione secondo EN 13201-4:2015



## Illuminamento (indotto) dei locali (abitati)



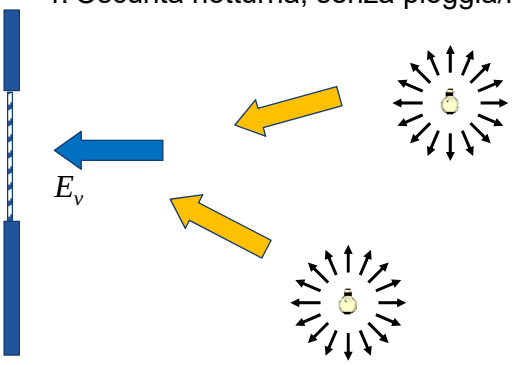

Illuminamento dei locali




Aiuto all'applicazione UFAM, LAI, CIE, …:
intensità illuminamento verticale

## Illuminamento locali (sec. aiuto applicazione UFAM)

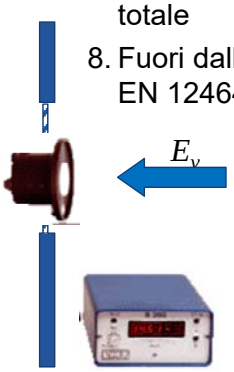
1. Illuminamento verticale $E_v$ a livello delle finestre del locale abitato nel punto di immissione
2. Valore medio nel locale abitato maggiormente disturbato
3. Misura con finestra aperta, senza illuminazione interna del locale
4. Oscurità notturna, senza pioggia/nebbia/neve






## Illuminamento locali (sec. aiuto appl. UFAM) 2

5. Fattori di supplemento per la valutazione dell'illuminamento dei locali in caso di luce non costante nel tempo o colorata (se quota parte > 80%)
6. Apparecchi di misura («Luxmetro») almeno della classe L,A o B (DIN 5032-7), con sufficiente risoluzione (0.01 lx)
7. Fascia di orario notturna: Considerazione delle immissioni totale
8. Fuori dalla fascia notturna: v. specifiche norme SLG 202, EN 12464-2, EN 12193 : «Valutazione degli impianti»

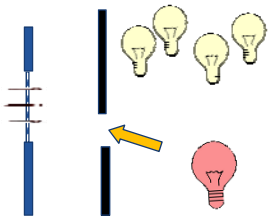


## Illuminamento locali: «valutazione impianti»

Motodo 1: Sottrazione (*Differenzbildung*)

Misura 1: con la fonte di disturbo
Misura 2: senza fonte di disturbo
Illuminamento locali, «netto»: = Misura 1 – Misura 2

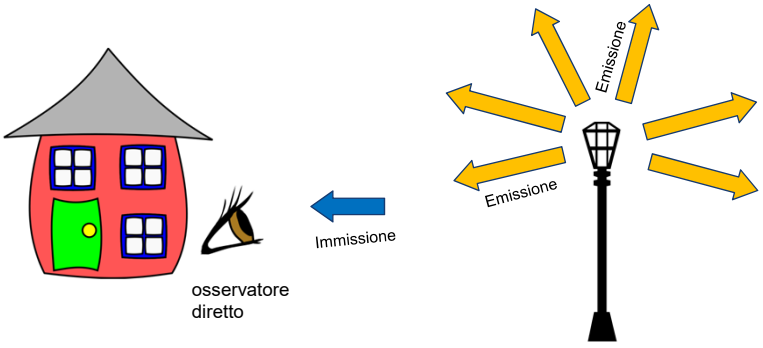
Metodo 2: Schermatura dalla luce diffusa (*Streulichtblenden*)



Metodo 3: Tramite misuratore / fotocamera di luminanza



## Abbagliamento psicologico




Aiuto appl. UFAM, LAI, LiTG 12.3: Livello abbagliamento (*Blendmass*)

$$k_S = \overline{L_S} \cdot \sqrt{\frac{\Omega_S}{L_U}}$$

## Livello abbagliamento (*Blendmass*) $k_S$

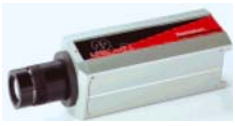
$$k_S = \overline{L_S} \cdot \sqrt{\frac{\Omega_S}{L_U}}$$

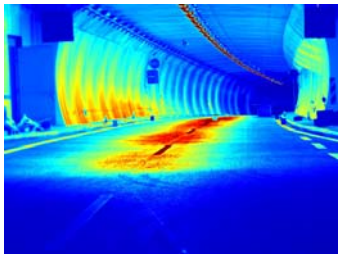
**L'effetto di disturbo** dipende da:

1. La luminanza della sorgente luminosa $L_S$ (cd/m$^2$)
2. Le dimensioni della sorgente luminosa $\Omega_S$, espresse in angolo solido (sr = steradianti) con il quale la si vede (grandezza apparente) dal punto in questione e
3. La luminanza dell'ambiente circostante $L_U$ (in cd/m$^2$).
4. Fondamentalmente si valuta ogni sorgente a sé
5. Quale luminanza dell'ambiente circostante vale la luminanza media in un angolo di ± 10° attorno alla sorgente luminosa da valutare
6. Misurazione tramite fotocamera di luminanza



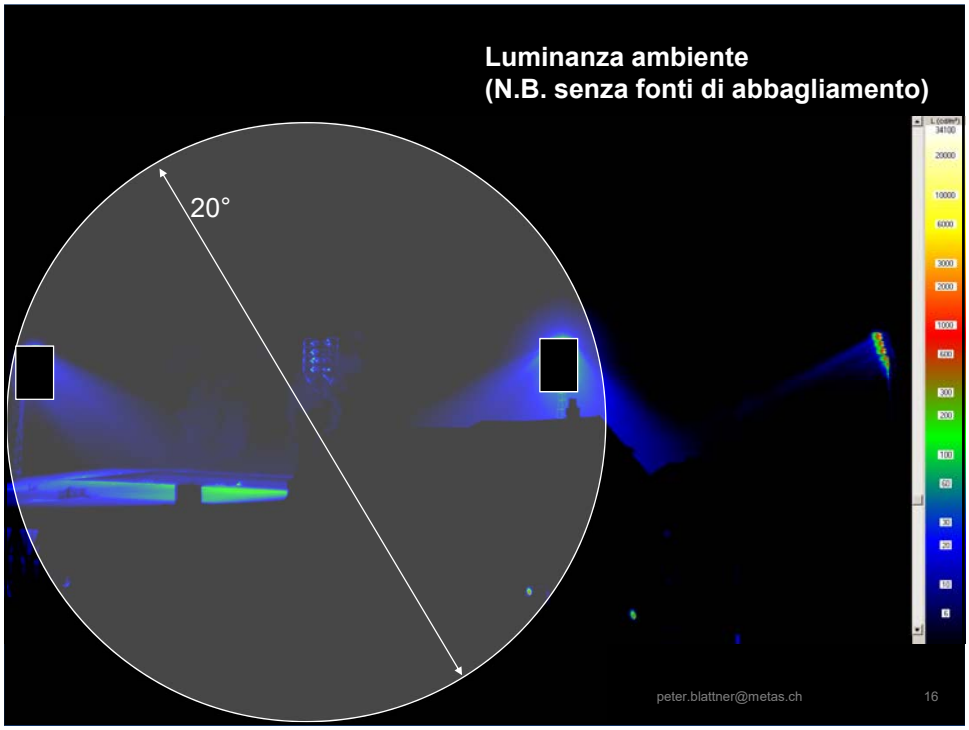
## Fotocamera per misura della luminanza
## *Imaging Luminance Measurement Devices (ILMD)*



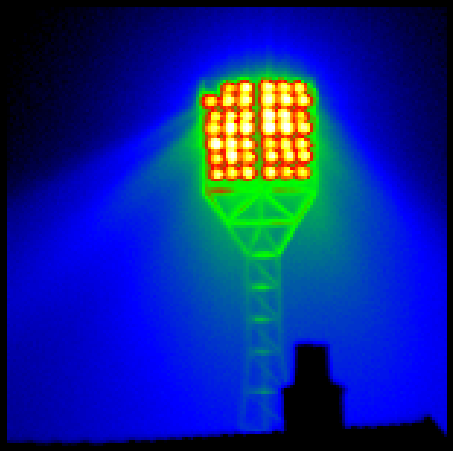


- «Un milione di sensori di misura di luminanza in parallelo»
- Le immagini della luminanza possono essere analizzate a posteriori
- Permette di determinare diversi parametri: UGR, TI, $U_o$, …
- Prestare attenzione alla qualità ($f_1$', $f_{2x,....}$ ): classe L, A, oppure B
- Prestare attenzione agli effetti locali e temporali

L [cd/m²]
peter.blattner@metas.ch
15


Luminanza ambiente
(N.B. senza fonti di abbagliamento)
20°
peter.blattner@metas.ch
16

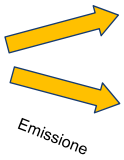
## Luminanza della fonte di disturbo e angolo solido di emissione



Se un impianto di illuminazione è composto da molte sorgenti luminose immediatamente vicine l'una all'altra (Array), allora ogni singola sorgente deve rispettare i valori di riferimento riguardanti l'abbagliamento.



## Fonti di disturbo (insegne pubblicitarie luminose)



UFAM, LiTG, LAI: luminanza delle insegne luminose

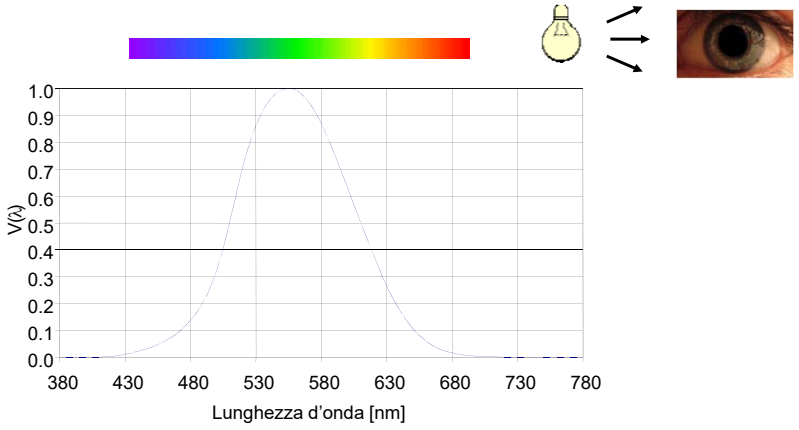
## Valutazione delle insegne pubblicitarie luminose

- Misurazione tramite luminanzometro o camera per misura luminanza
- Posizione più chiara e orientamento dell'insegna (definiti localmente)

- Prestare attenzione alla focalizzazione e alla direzione di puntamento dell'apparecchio di misura.
- Fattori di supplemento dell'illuminamento dei locali nel caso di luce non costante nel tempo oppure colorata.

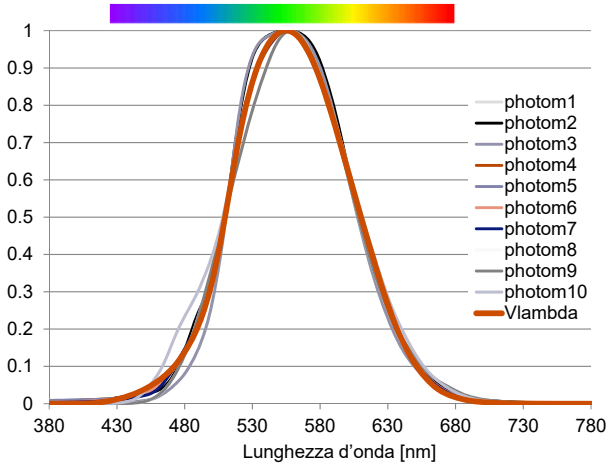


## Attenzione nel valutare luci colorate!!




Sensibilità spettrale dell'occhio umano $V(\lambda)$

## Curva di sensibilità spettrale $V(\lambda)$ dei fotometri reali




**-> Parametro di qualità (CIE S023:2013): $f_1'$**

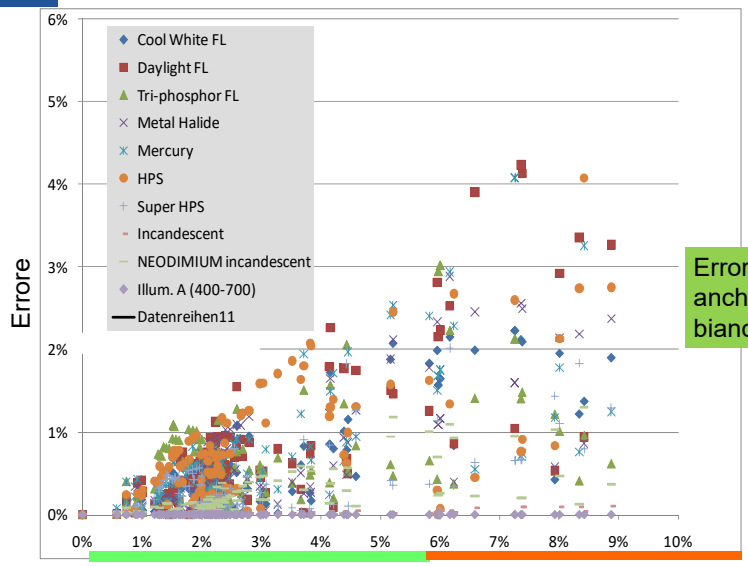
Tanto più piccolo è tale valore, tanto migliore è l'adattamento
(= rappresentatività delle misure rispetto alla sensibilità spettrale dell'occhio umano)



## Classi di qualità dei luxmetri / luminanzometri

| Classe (DIN 5032-7) | Classe JIS (C1609-1) | $f_1'$ | Qualità | Applicazioni |
|---|---|---|---|---|
| L | | <1.5% | massima | Misure di laboratorio, apparecchio di referenza per la calibrazione di fotometri (strumento campione) |
| A | 精密 | < 3% | alta | Misurazioni di precisione |
| B | AA | < 6% | media | Misurazioni orientative |
| C | A | < 9% | bassa | Misure relative |
| nessuna | nessuna | Non specificata | | Non utilizzare! |

## Errori a causa di una curva di sensibilità insufficiente

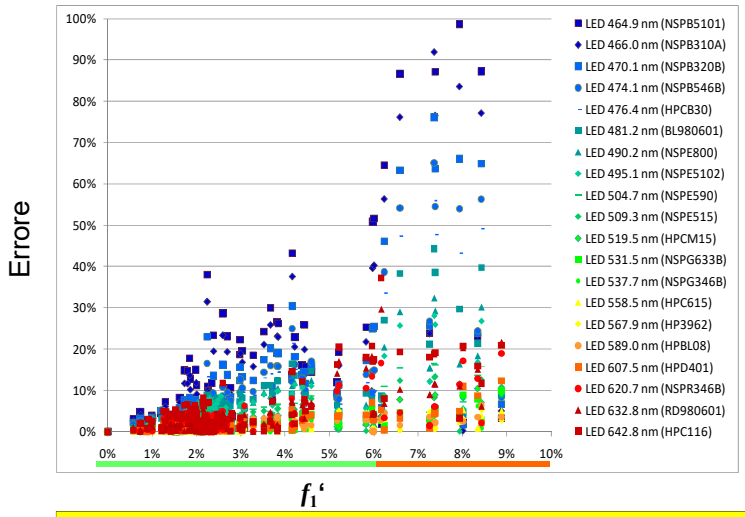



Errore simile anche per LED bianchi al fosforo

peter.blattner@metas.ch

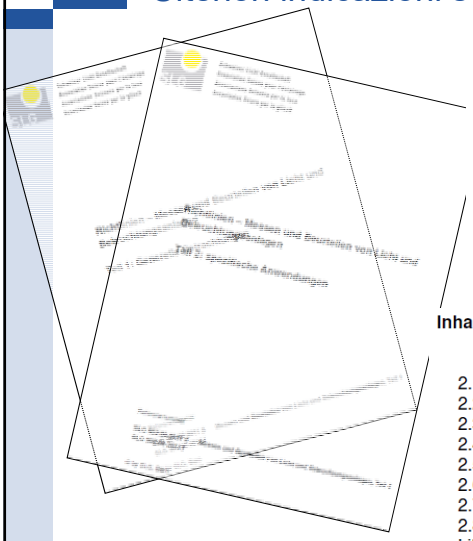


## Errori a causa di una curva di sensibilità insufficiente: LEDs colorati




- **I valori misurati vanno corretti!!**
- **Esistono apparecchi con spettroradiometro integrato**

## Ulteriori indicazioni su misurazioni e valutazioni



SLG 501 Richtlinien – Messen und Beurteilen von Licht und Beleuchtungsanlagen Teil 1: Generelle Betrachtungen *(Mesure et évaluation de la lumière et des installations d'éclairage, Partie 1: Considérations générales)*

SLG 502 Teil 2: spezifische Anwendungen *(applications spécifiques)*

In fase di rielaborazione

**Inhaltsverzeichnis**


2.1. Anwendungsbereich .....
2.2. Normative Verweise .....
2.3. Messung und Bewertung der Sportplatzbeleuchtung .....
2.4. Messung und Bewertung der öffentliche Beleuchtung....
2.5. Messung und Bewertung der Notbeleuchtung .....
2.6. Messung und Bewertung der Tunnelbeleuchtung.....
2.7. Messung und Bewertung der Innenraumbeleuchtung ....
2.8. Messung und Bewertung der Lichtimmissionen.....
Literatur .....


peter.blattner@metas.ch 25