



Messen und Beurteilen von Lichtimmissionen und -emissionen

Dr. Peter Blattner, METAS

Metrologie – „Die Lehre vom Messen“

Messung

Experimenteller Prozess bei welchem **quantitative Informationen** über eine gut definierte **Messgrösse** gewonnen werden



Normen und Richtlinien definieren die relevanten Messgrößen

International:

- CIE 150-2017: Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations
- CIE 126-1997: Guidelines for Minimizing Sky Glow

Europa:

- EN 12464-2: 2014 Beleuchtung von Arbeitsstätten Teil 2: Arbeitsplätze im Freien
- EN 12193: 2007 Sportstättenbeleuchtung
- EN 13201-2: 2015 Straßenbeleuchtung - Teil 2: Güteermkmale

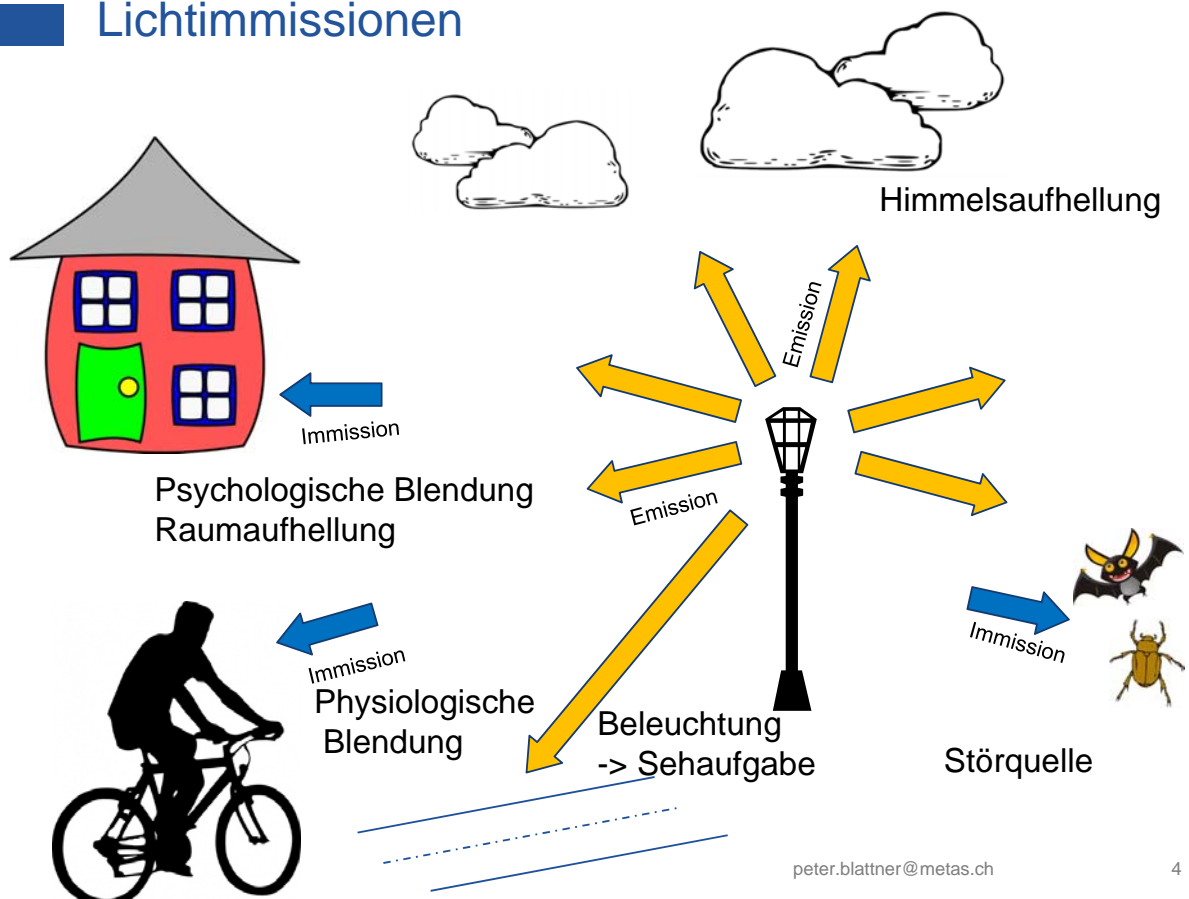
D-A-CH:

- **BAFU : Vollzugshilfe Lichtemissionen Entwurf zur Konsultation (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 Vermeidung unnötiger Lichtimmissionen im Aussenraum)
- ÖNORM O 1052 «Lichtimmissionen – Messung und Beurteilung»

peter.blattner@metas.ch

3

Lichtimmissionen



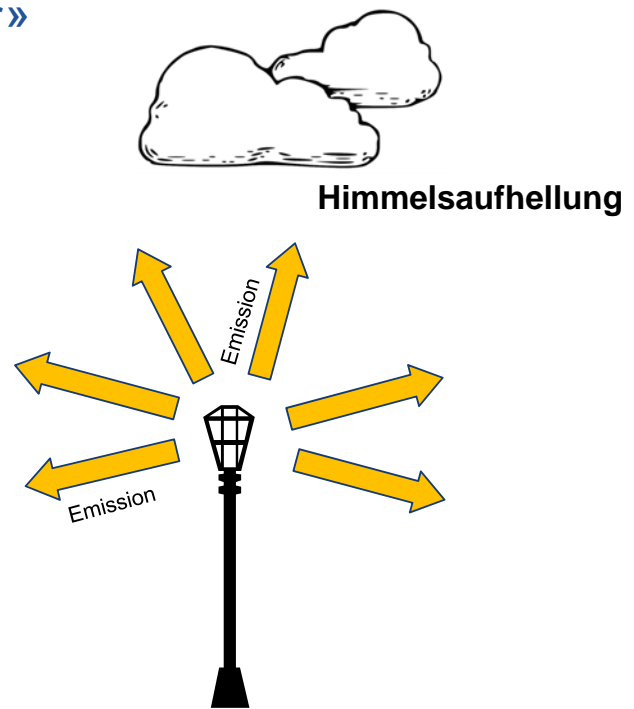
peter.blattner@metas.ch

4

Beurteilung «im Labor»

Nicht alle Messgrößen lassen sich vor Ort «einfach» bestimmen

CIE 150-2017 / LiTG 12.3:
UFR-Verfahren

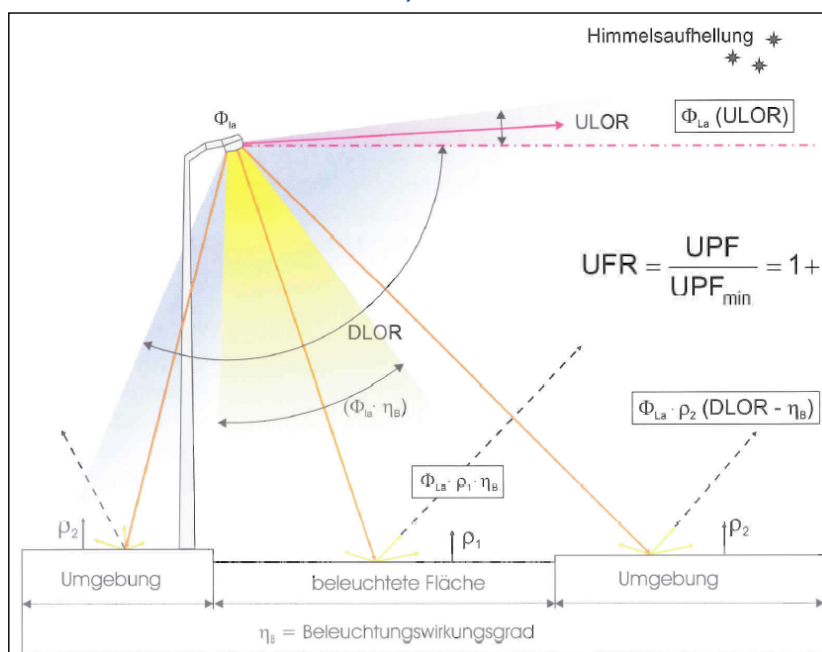


peter.blattner@metas.ch

5

Himmelsaufhellung

UFR-Verfahren (Upward Flux Ratio, deutsch: oberer Lichtstromanteil)

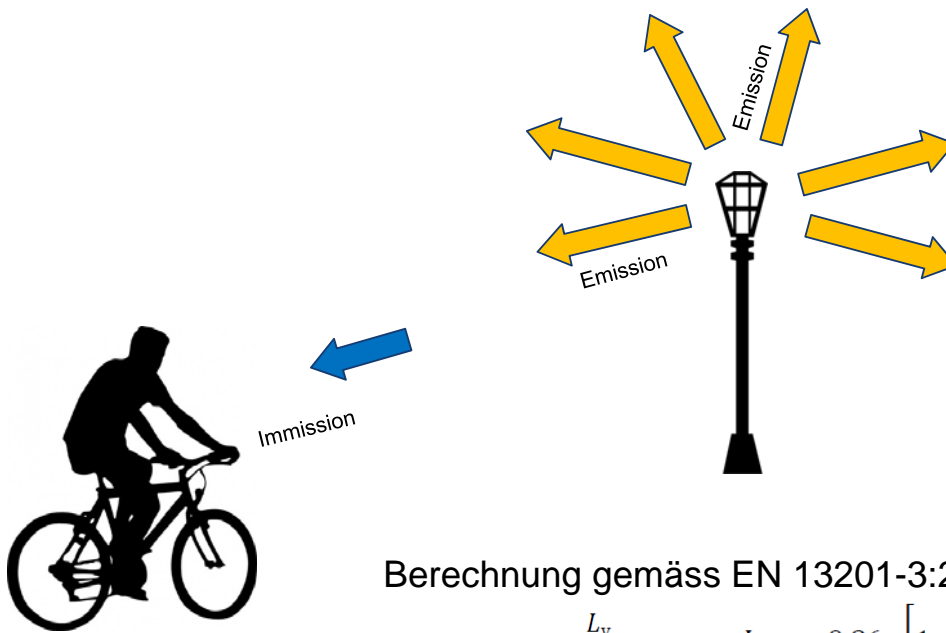


Werte sind abhängig vom Drehwinkel und Betriebsneigung der Leuchte und Reflexionsgrad der Flächen!!

6

Physiologische Blendung: Schwellenwerterhöhung

«TI-Wert»



Berechnung gemäss EN 13201-3:2015

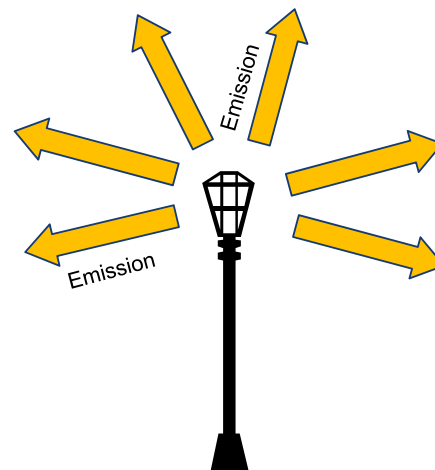
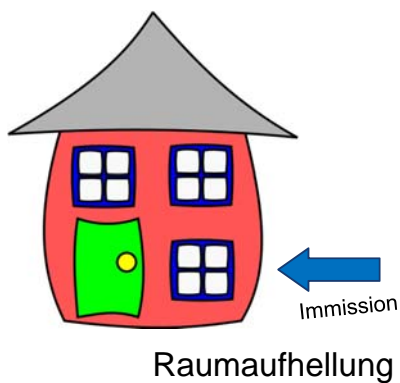
$$f_{TI} = 65 \frac{L_v}{(L_i)^{0,8}} \% \quad L_{vk} = 9,86 \cdot \left[1 + \left(\frac{A_y}{66,4} \right)^4 \right] \frac{E_k}{\theta_k^2}$$

Messung gemäss EN 13201-4:2015

peter.blattner@metas.ch

7

Raumaufhellung



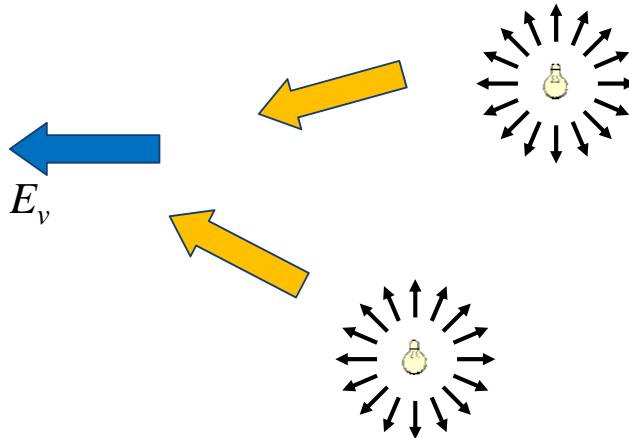
BAFU-Vollzugshilfe, LAI, CIE, ...: vertikale Beleuchtungsstärke

peter.blattner@metas.ch

8

Raumaufhellung (gemäss BAFU-Vollzugshilfe)

1. Vertikale Beleuchtungsstärke E_v am Immissionsort in der Fensterebene des betroffenen Wohnraums
2. Mittelwert des am höchsten belasteten Wohnraums
3. Messung bei geöffnetem Fenster, ohne Zimmerbeleuchtung
4. Nächtlicher Dunkelheit - kein Regen/Nebel/Schnee

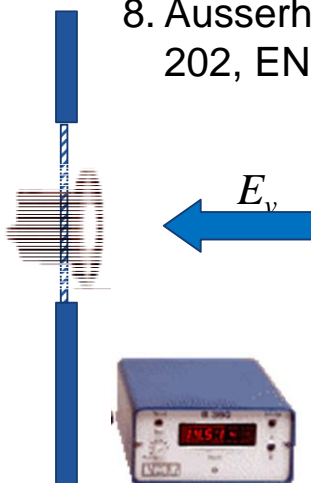


peter.blattner@metas.ch

9

Raumaufhellung (gemäss BAFU-Vollzugshilfe) 2

5. Zuschlagsfaktoren zur Beurteilung der Wohnraumaufhellung bei zeitlich veränderlichem oder farbigem Licht (falls Anteil > 80%)
6. Messgeräte («Luxmeter») mindestens der Klasse L,A oder B (DIN 5032-7), mit genügender Auflösung (0.01 lx)
7. Nachtruhefenster : Gesamtimmission
8. Ausserhalb Nachtruhefenster: siehe Normvorgaben SLG 202, EN 12464-2, EN 12193 : «Anlagebeurteilung»



peter.blattner@metas.ch

10

Raumaufhellung : «Anlagebeurteilung»

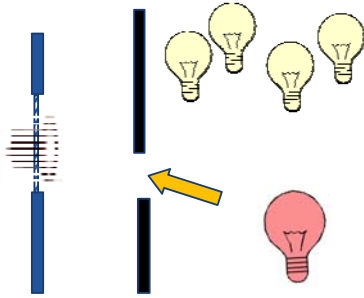
Methode 1: Differenzbildung

Messung 1: Mit Störquelle

Messung 2: Ohne Störquelle

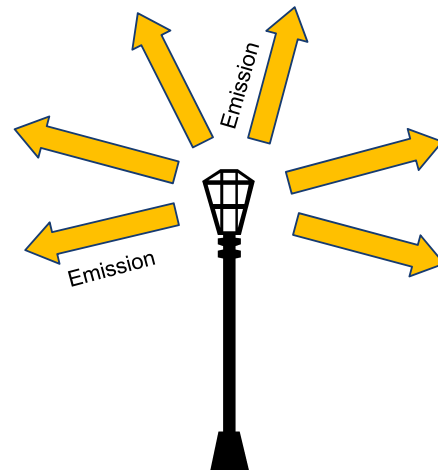
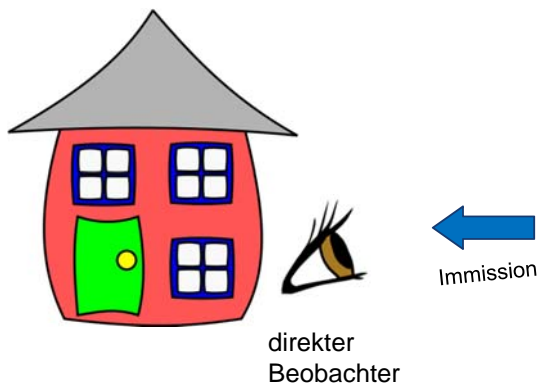
«Netto»-Raumaufhellung: = Messung 1 – Messung 2

Methode 2: Streulichtblenden



Methode 3: mittels Leuchtdichtemesser/-kamera

Psychologische Blendung



BAFU-Vollzugshilfe, LAI, LiTG 12.3: Blendmass

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

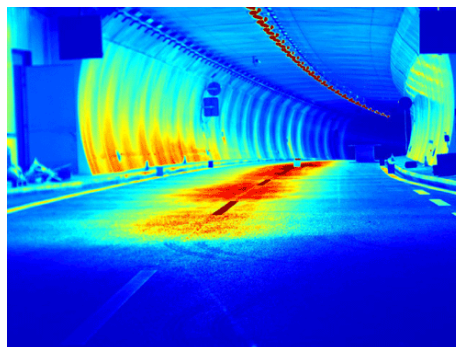
Blendmass k_S

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

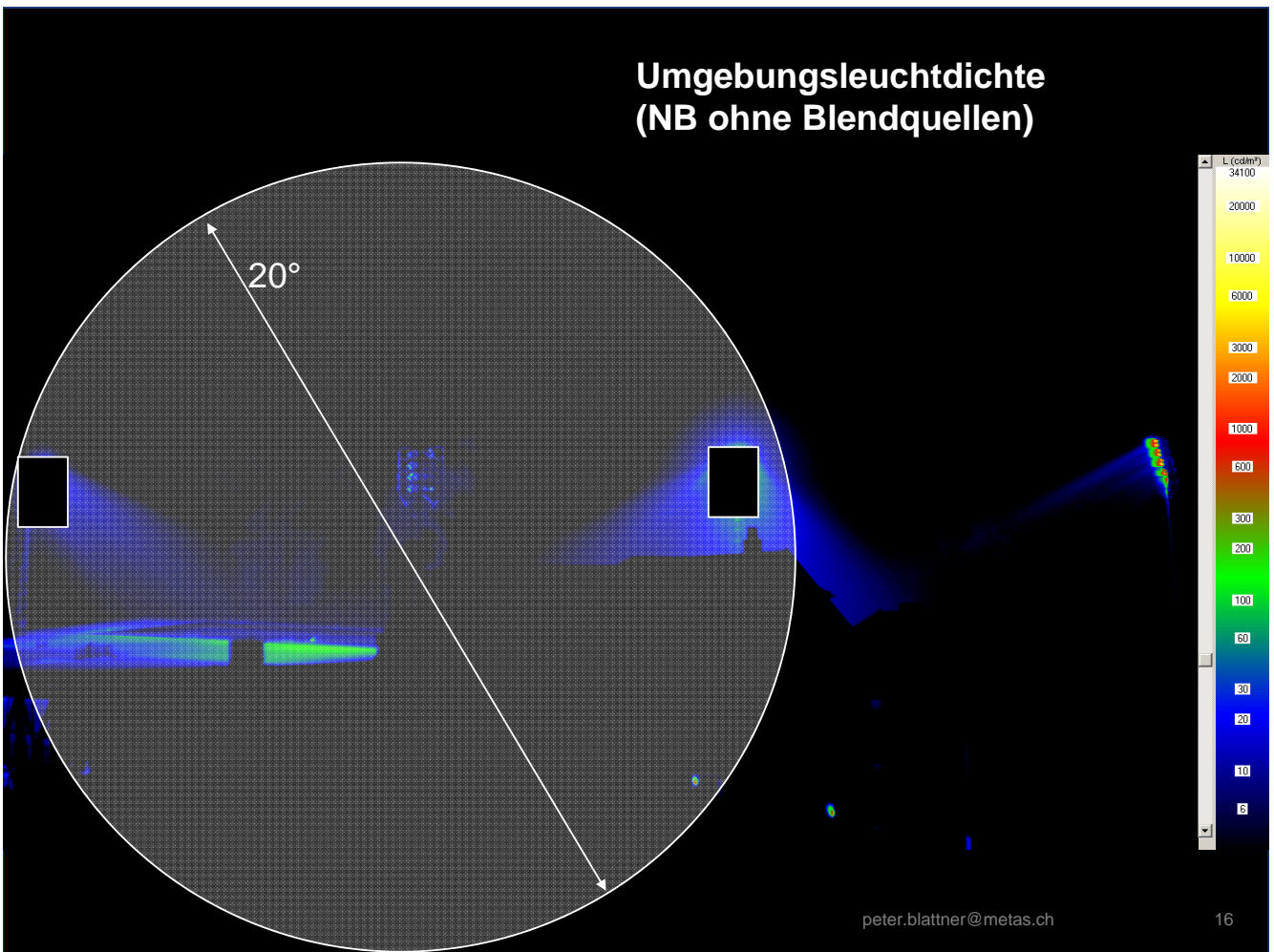
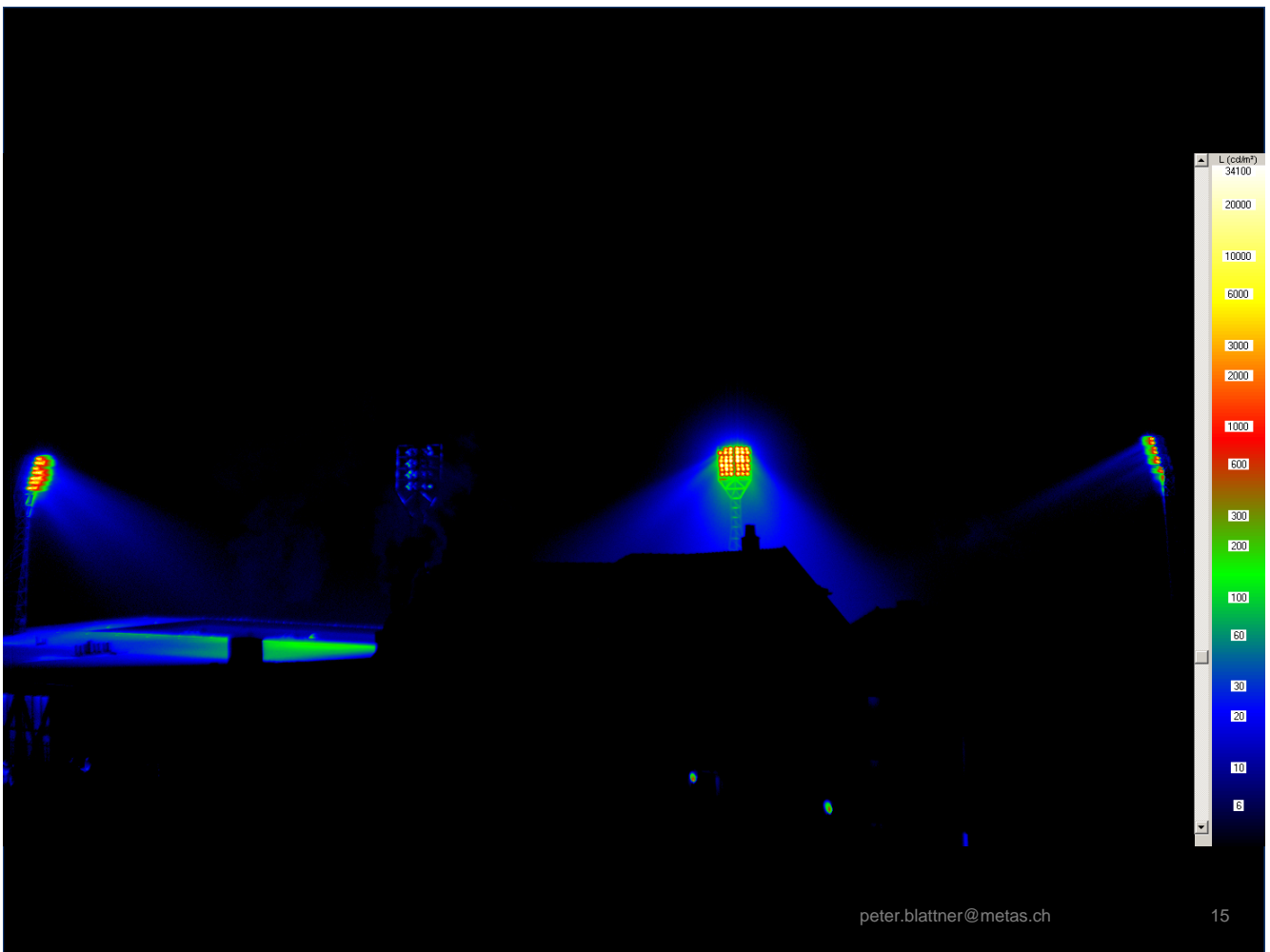
Die **Störwirkung** hängt ab von:

1. der Leuchtdichte der Lichtquelle L_S (cd/m²)
2. der Grösse der Lichtquelle Ω_S , ausgedrückt als Raumwinkel (sr) unter dem diese vom Betroffenen aus gesehen wird (scheinbare Grösse), und
3. der Umgebungsleuchtdichte L_U (in cd/m²).
4. grundsätzlich wird jede Quelle für sich beurteilt
5. Als Umgebungsleuchtdichte gilt die mittlere Leuchtdichte in einem Winkelbereich von $\pm 10^\circ$ um die zu beurteilende Lichtquelle herum
6. Messung mittels Leuchtdichtemesskamera

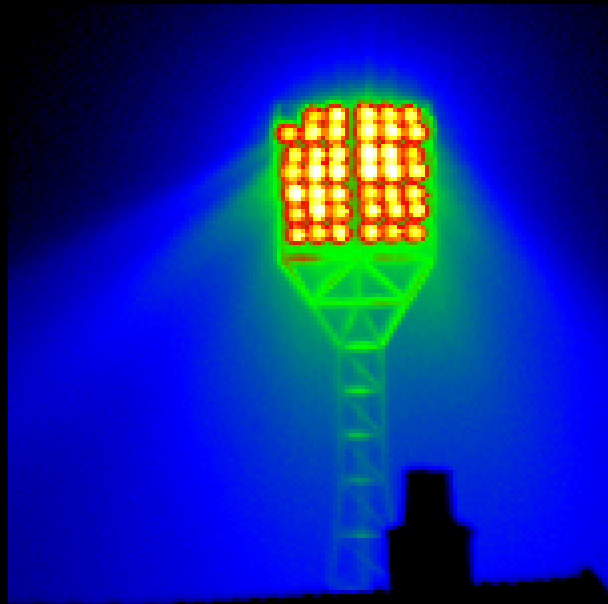
Leuchtdichtemesskameras Imaging Luminance Measurement Devices (ILMD)



- «Eine Million Leuchtdichtemesser in parallel»
- Leuchtdichtebilder können nachträglich ausgewertet werden
- Abgeleitete Parameter können bestimmt werden: UGR, TI, U_o , ...
- Aufpassen auf die Qualität (f_1', f_{2x}, \dots): Klasse L, A, oder B
- Aufpassen auf die zeitliche und örtliche Effekte

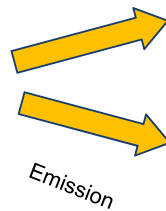


Leuchtdichte der Störquelle und Raumwinkel



Besteht eine Beleuchtungsanlage aus mehreren, dicht beieinander stehenden einzelnen Leuchten (Array), so darf jede einzelne Leuchte die Immissionsrichtwerte für Blendung nicht überschreiten.

Störquelle (Leuchtreklamen)



BAFU, LiTG, LAI: Leuchtdichte von Leuchtreklamen

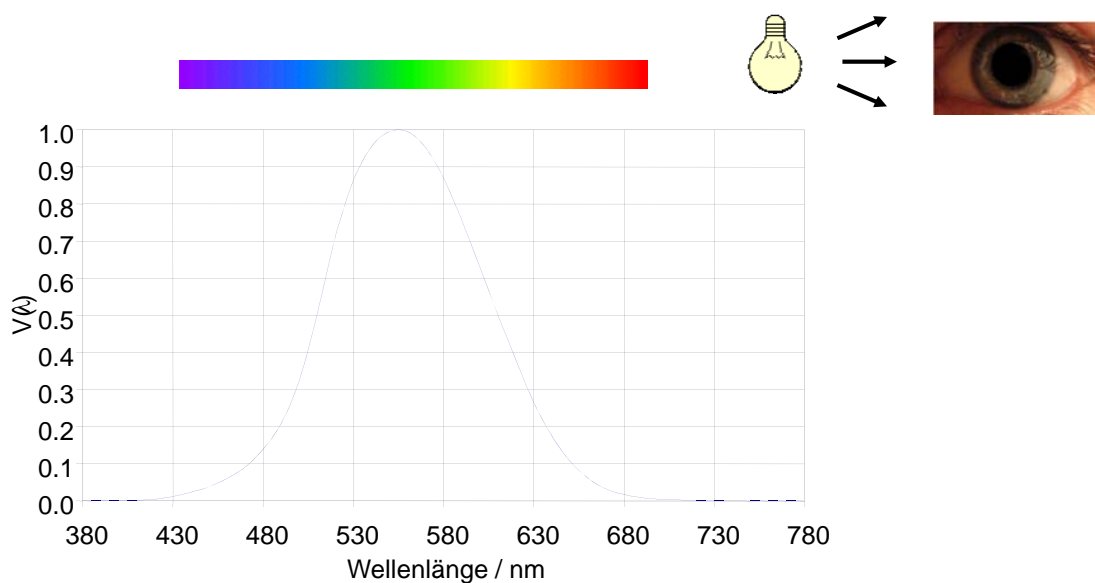
Beurteilung von Leuchtreklamen



- Messung mittels Leuchtdichtemesser/-kamera
- hellste Stelle und Richtung der Leuchtreklame (aber: lokal gemittelt)

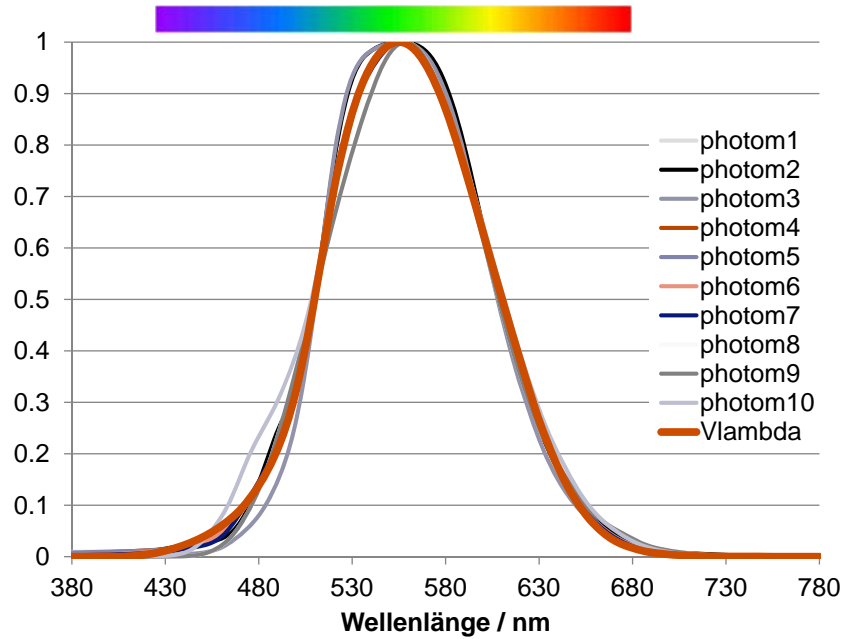
- auf Fokussierung und Ausrichtung des Messgerätes zu achten.
- Zuschlagsfaktoren zur Beurteilung der Wohnraumaufhellung bei zeitlich veränderlichem oder **farbigem** Licht.

Vorsicht bei der Beurteilung vom farbigem Licht!!



Spektrale Hellempfindlichkeit des menschlichen Auge $V(\lambda)$

Spektrale Empfindlichkeit von realen Photometern



-> Qualitätsparameter (CIE S023:2013): f_1'

Je kleiner der Wert um so besser die Anpassung

peter.blattner@metas.ch

21

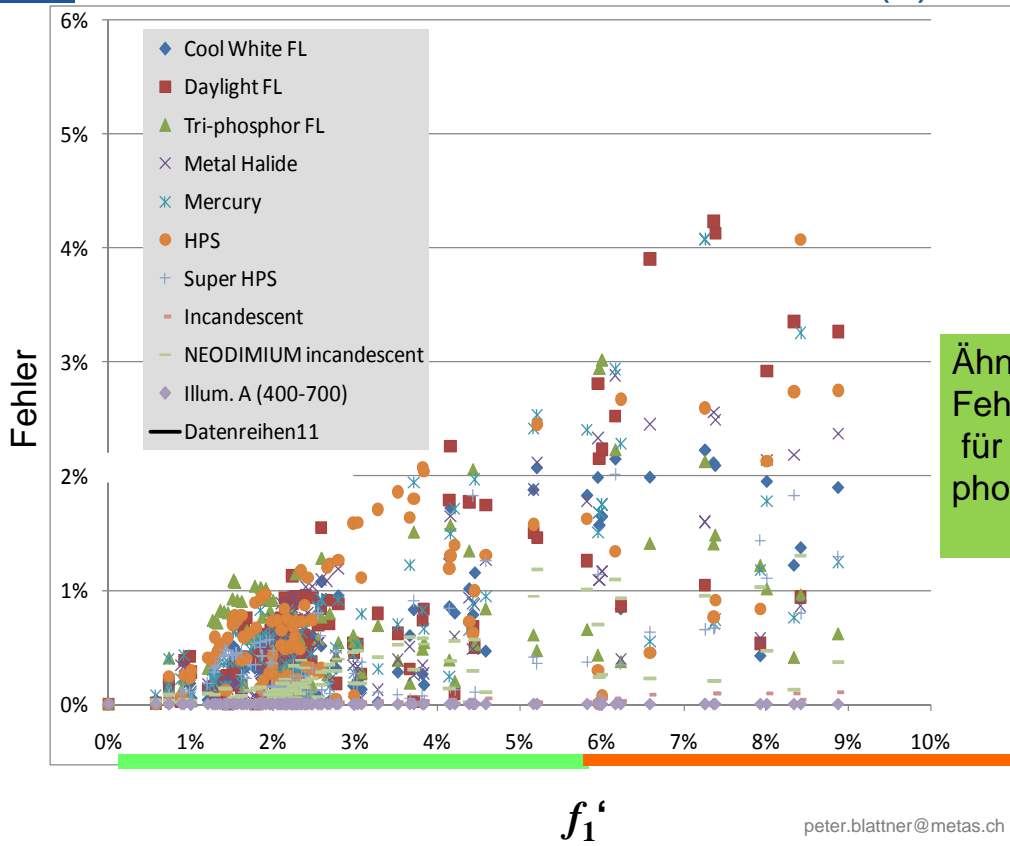
Qualitätsklassen von Luxmeter/Leuchtdichtemesser

Klasse (DIN 5032-7)	Klasse JIS (C1609-1)	f_1'	Qualität	Applications
L		<1.5%	Höchste	Labormessungen, Referenzgerät für die Kalibrierung von Photometern (Bezugsnormal)
A	精密	< 3%	Hoch	Präzisionsmessung
B	AA	< 6%	Mittlere	Orientierungsmessung
C	A	< 9%	Gering	Relativmessungen
keine	keine	Nicht angegeben		Nicht verwenden!

peter.blattner@metas.ch

22

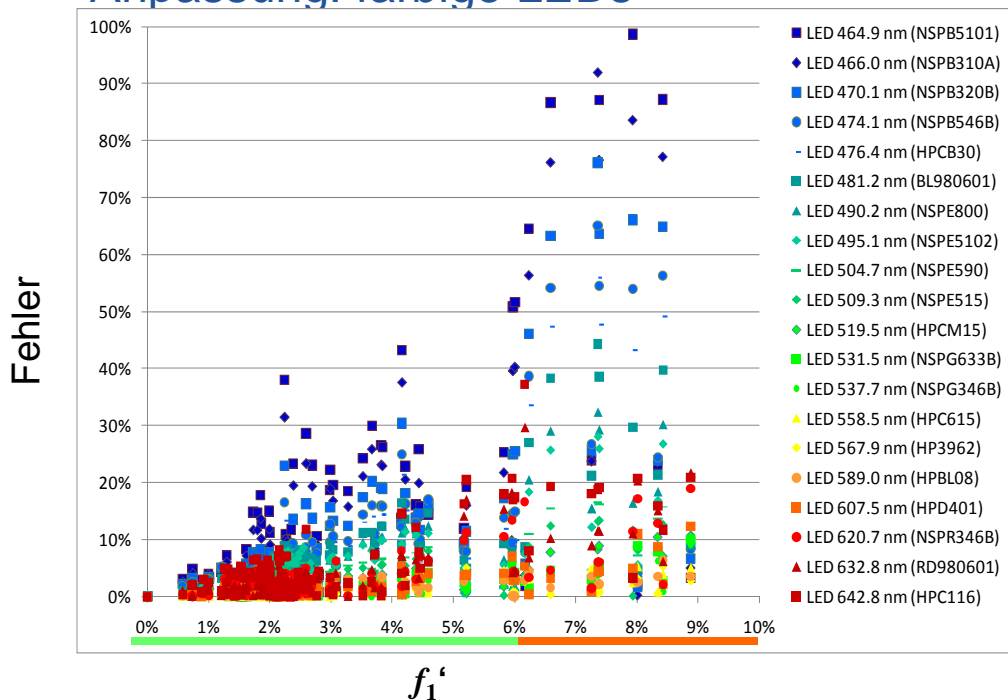
Fehler auf Grund einer schlechten $V(\lambda)$



Ähnlich grosse Fehler für weisse phosphor-LEDs

23

Fehler auf Grund einer schlechten $V(\lambda)$ Anpassung: farbige LEDs



- Die Messwerte müssen korrigiert werden!!
- Es gibt auch Geräte mit integriertem Spektroradiometer

4

Weitere Hinweise zur Messung und Beurteilung



SLG 501 Richtlinien – Messen und Beurteilen von Licht und Beleuchtungsanlagen Teil 1: Generelle Betrachtungen

SLG 502 Teil 2: spezifische Anwendungen

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

In Überarbeitung