

Weltraum



NASA

Licht über Wien – Eine erste vollständige Perspektive



Dr. Günther Wuchterl
Naturhistorisches Museum Wien
Verein Kuffner-Sternwarte
IDA Österreich
Kuffner-Sternwarte.at

Wien Leuchtet MA 33
Expertengespräch
TU Wien
8. November 2016, 16:30

November 2008

„The
end
of
night“
...
is near



Current Issue
November 2008
Table of Contents >>

NATIONAL GEOGRAPHIC

ngm.com

Search

HOME

FEATURES

PHOTOGRAPHY

YOUR SHOT

MY SHOT

VIDEO

MAPS

INTERACTIVE

BLOGS

HOW TO HELP

GEOPEDIA

ARCHIVE

[Feature Article](#) | [Photo Gallery](#) | [Field Notes: Richardson](#) | [Follow Up](#) | [Editor's Page](#) | [Learn More](#)

Photo Gallery

Light Pollution

Published: November 2008



→ Jim Richardson Photography

Of all the pollution we face, light pollution is perhaps the most easily remedied.

Follow Up



→ Star Chasing

Starry nights have become rare and exotic skylscapes for many Americans.



Our Vanishing Night

Most city skies have become virtually empty of stars.

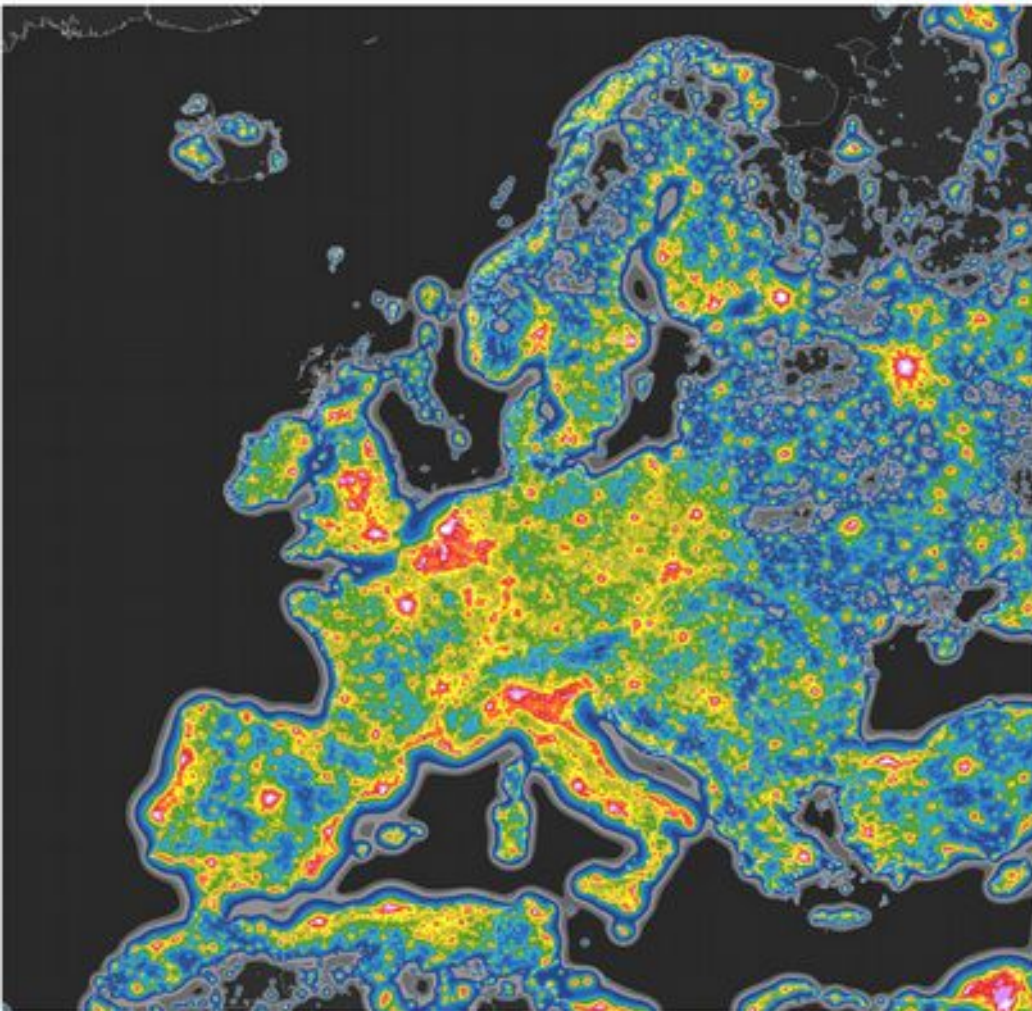
By **Vertyn Klinkenberg**
Photograph by **Jim Richardson**

If humans were truly at home under the light of the moon and stars, we would go in darkness happily, the midnight world as visible to us as it is to

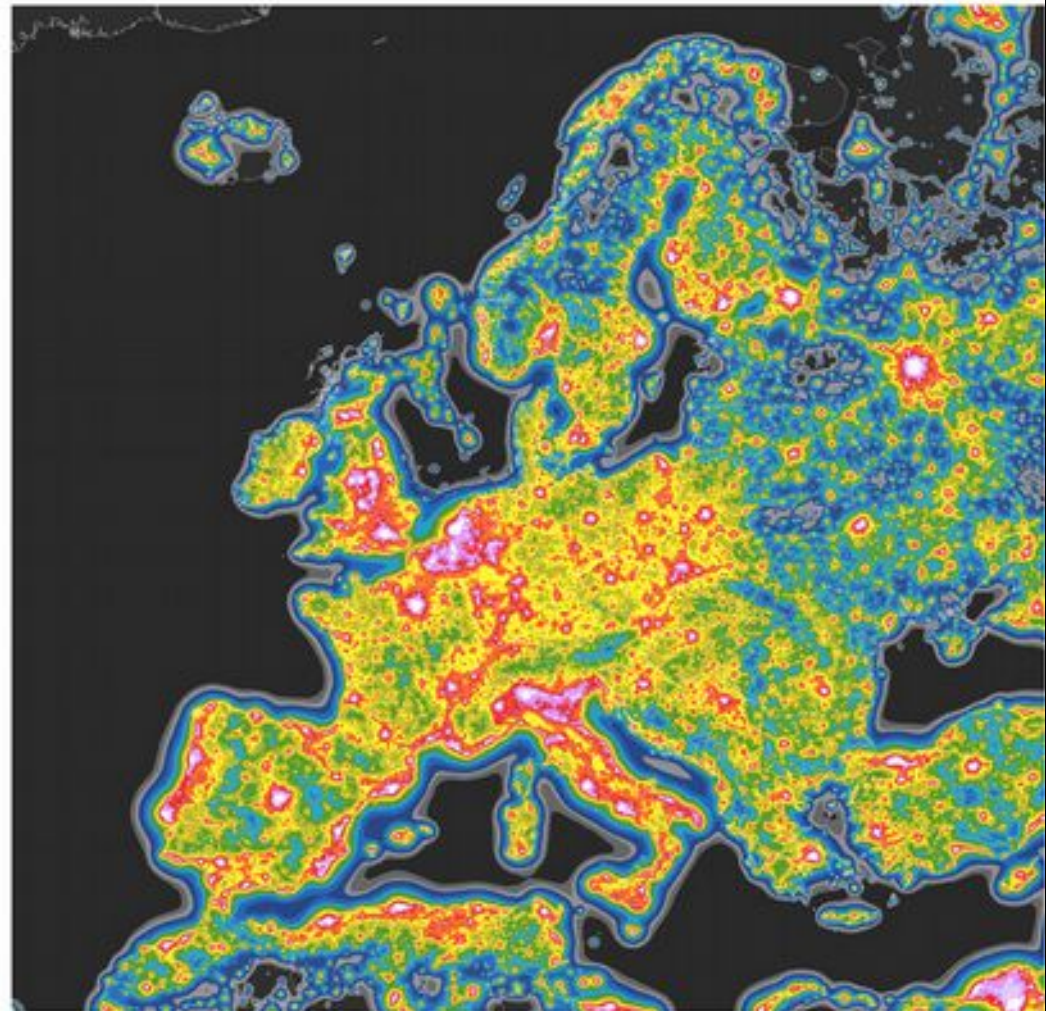
Weltatlas künstliche Nachthimmelsaufhellung

Falchi et al. - 11. Juni 2016 Science Advances

A



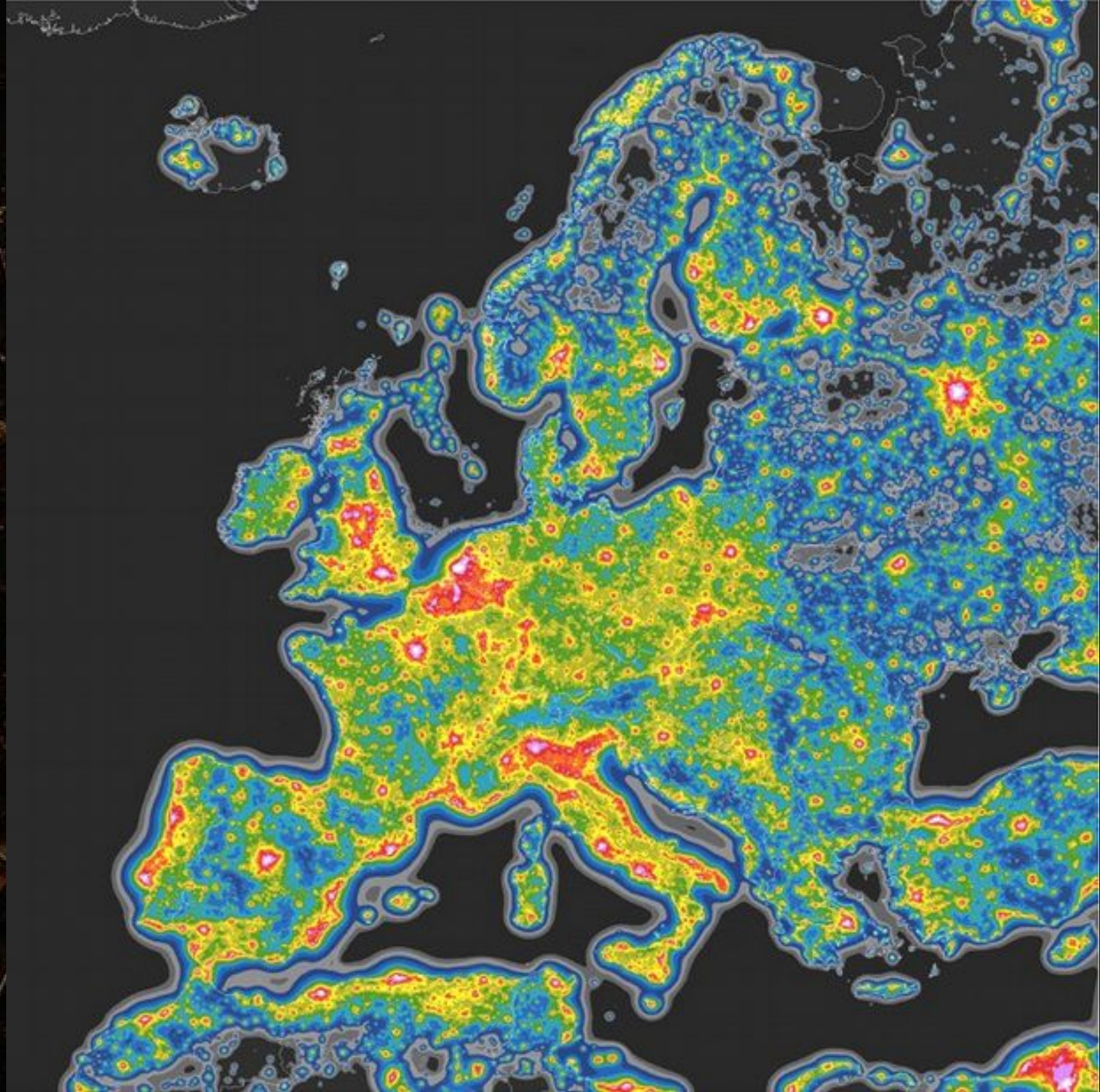
B



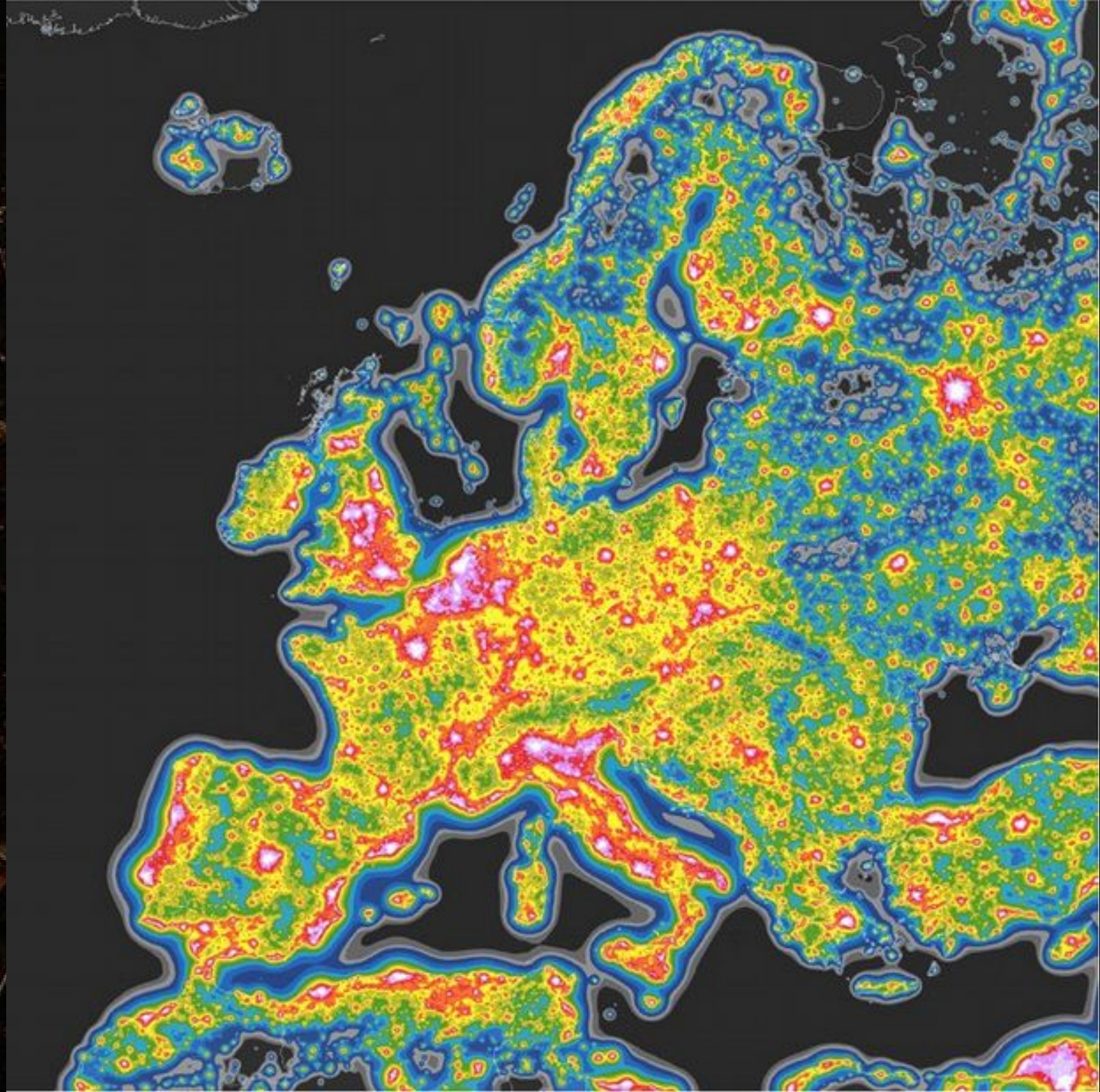
Skala – Stufe = 10 dB = Faktor 2

Ratio to natural brightness	Artificial brightness ($\mu\text{cd}/\text{m}^2$)	Approximate total brightness (mcd/m^2)	Color
<0.01	<1.74	<0.176	Black
0.01–0.02	1.74–3.48	0.176–0.177	Dark gray
0.02–0.04	3.48–6.96	0.177–0.181	Gray
0.04–0.08	6.96–13.9	0.181–0.188	Dark blue
0.08–0.16	13.9–27.8	0.188–0.202	Blue
0.16–0.32	27.8–55.7	0.202–0.230	Light blue
0.32–0.64	55.7–111	0.230–0.285	Dark green
0.64–1.28	111–223	0.285–0.397	Green
1.28–2.56	223–445	0.397–0.619	Yellow
2.56–5.12	445–890	0.619–1.065	Orange
5.12–10.2	890–1780	1.07–1.96	Red
10.2–20.5	1780–3560	1.96–3.74	Magenta
20.5–41	3560–7130	3.74–7.30	Pink
>41	>7130	>7.30	White

Europa
2016



LED
4000 K
CCT



Licht über Wien

Verein Kuffner-Sternwarte

- 2001 – *Wieviele Sterne sehen wir noch?* Citizen Science
- 2009 – *Lightmeter* – Citizen Science Instrument
- 2012 - Licht über Wien I – Lichtkataster (mit WUA)
- 2013 – Licht über Wien II – Lichtglocke (mit WUA)
- 2014 -- Licht über Wien III – Entwicklung (mit WUA)
- Problem: „Vermisstes Licht“ – in der „Glocke“ aber nicht am Boden;
- 2016 -- Lichtflug Wien – Licht in allen Richtungen; (mit Wien Leuchtet)



Neues aus der Welt der Wissenschaft

[[ORF ON Science](#) : [News](#) : [Kosmos](#)]

So sieht der kleine Wagen aus

Seit einer Woche beobachten Interessierte den nächtlichen Himmel über Österreich. Im Rahmen des Projektes "Wieviele Sterne sehen wir noch?" soll das Ausmaß der "Lichtverschmutzung" des Sternenhimmels geklärt werden.

Aus den ersten 700 Beobachtungen ergibt sich als Mittelwert für die Himmelskennzahl 3,9 und ein Median von 4. Demnach sieht die Mehrzahl der Beobachterinnen und Beobachter einen kleinen Wagen mit Deichsel, aber unvollständigem Kasten:



2001 Wieviele Sterne sehen wir noch?

Öffentlicher Aufruf den kleinen
Wagen am Himmel zu suchen
und den Anblick zu melden

*Der kleine Wagen hat ein Rad
verloren!*

Verein Kuffner-Sternwarte,
Institut für Astronomie Wien

Energiegehalt und CO₂-Äquivalent der Wiener Lichtglocke



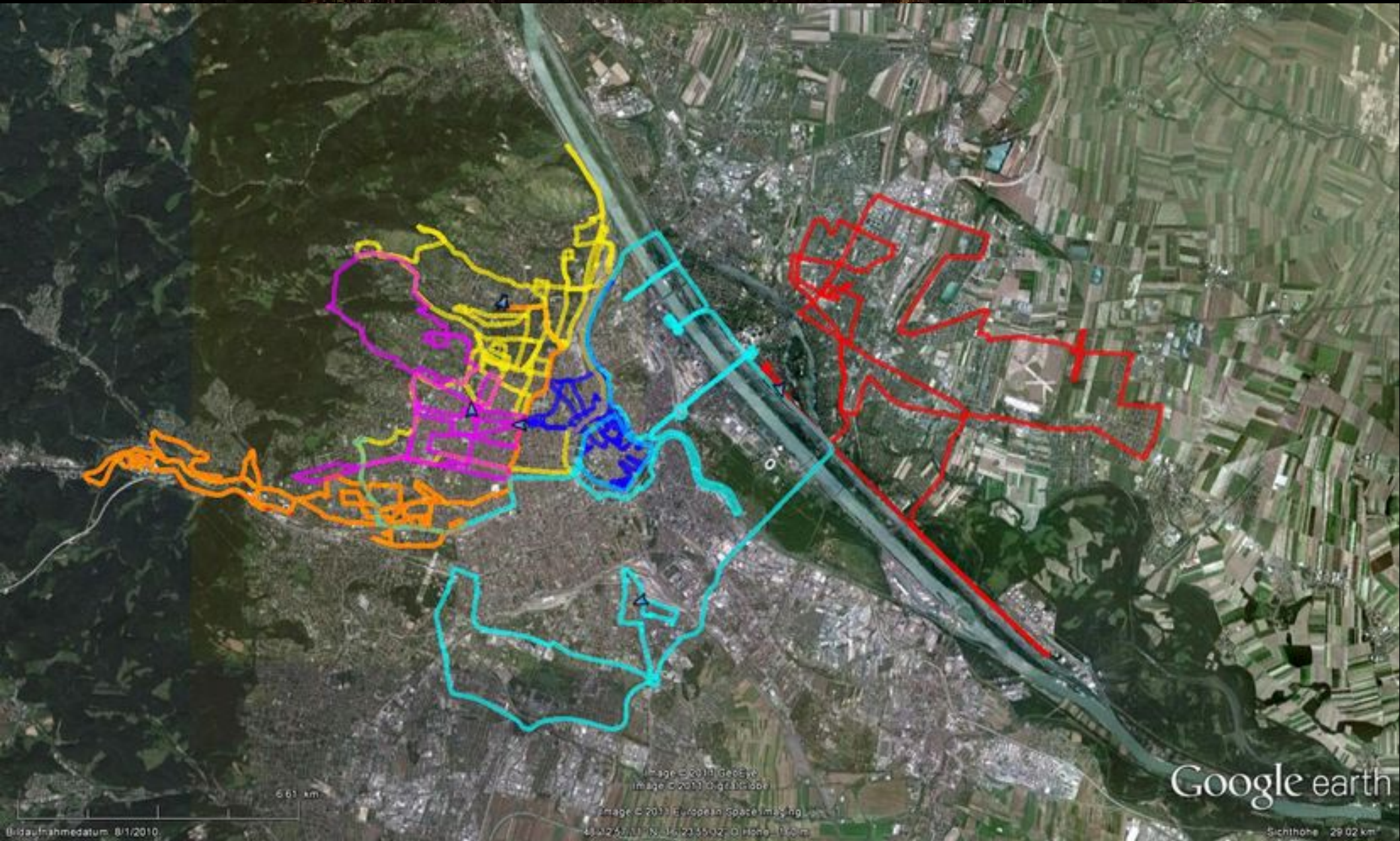
A night sky filled with stars and a light dome over a mountain range. The sky is dark blue with numerous stars of varying brightness. A prominent light dome, a yellowish glow, is visible on the horizon, centered over a mountain range. The mountains are silhouetted against the light dome. In the distance, some city lights are visible on the left and right sides of the horizon.

Was ist eine Lichtglocke?

Teil 1: Lichtkartierung Wien

- Lichte Erfassung mit Messfahrten;
- 10% des Straßennetzes = 300 km;
- Spitzenwerte und deren Orte ermitteln;
- Vor-Ort Dokumentation:
 - Nachmessungen mit Handluxmetern;
 - Bilddokumentation;
 - Beschreibung.

13% (388.4 km) Stichprobe Einzelfahrten



Wien ist am hellsten wo Geschäfte sind



Der hellste Ort vom Straßen-Zehntel



1010, Liliengasse

0,643 W/m²

72 Lux

Teil 2: Ablicht-Volumen Wien





Ablicht = Stadt-Himmel – Natur-Himmel

Stadt-Himmels-Licht – finden wir vor.
Natur-Himmels-Licht – finden wir wo?

Das beste Teleskop der Welt Europäische Südsternwarte, Chile

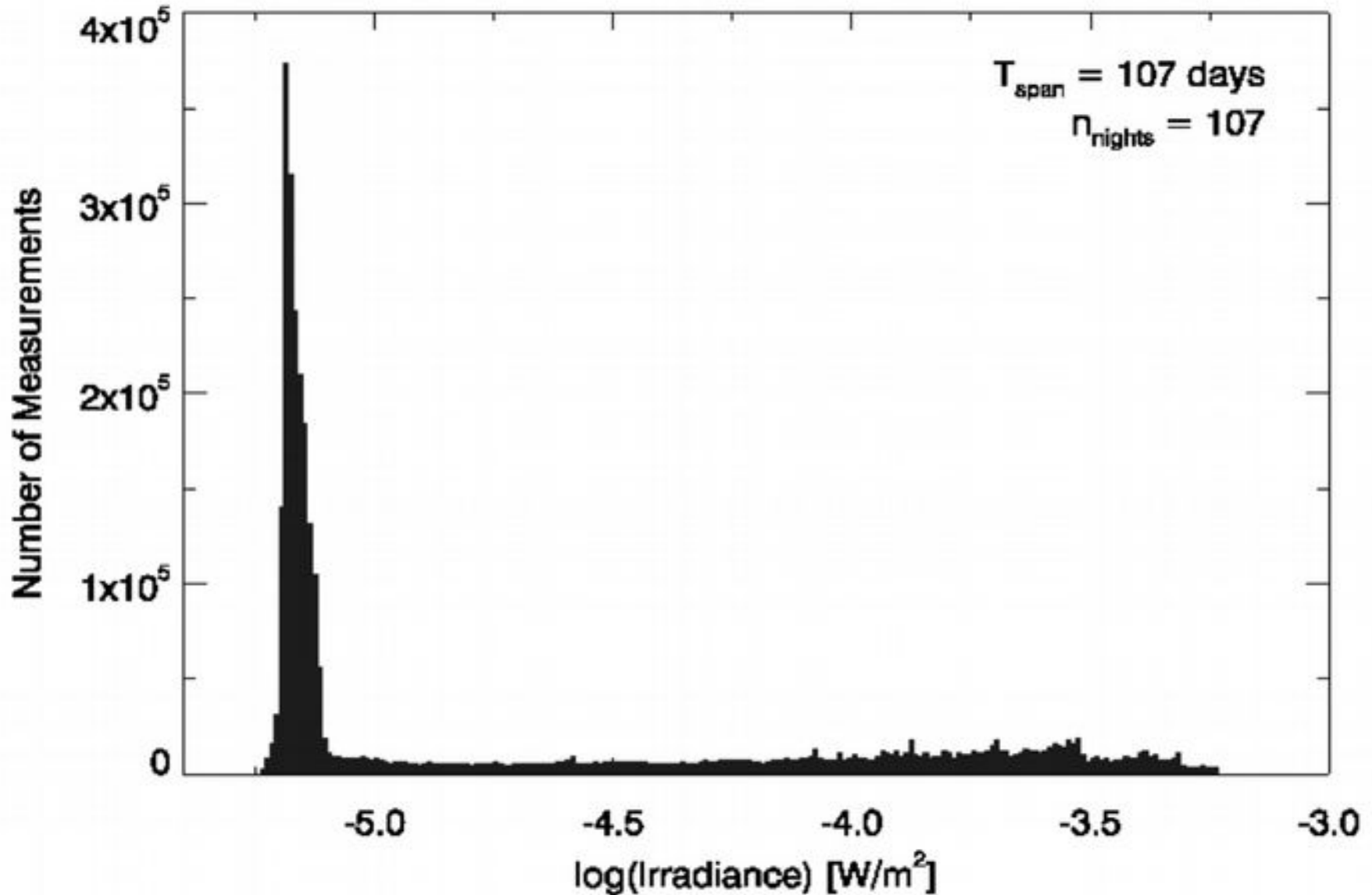


Neuer Standort: Cerro Armazones Atacama-Wüste, Chile



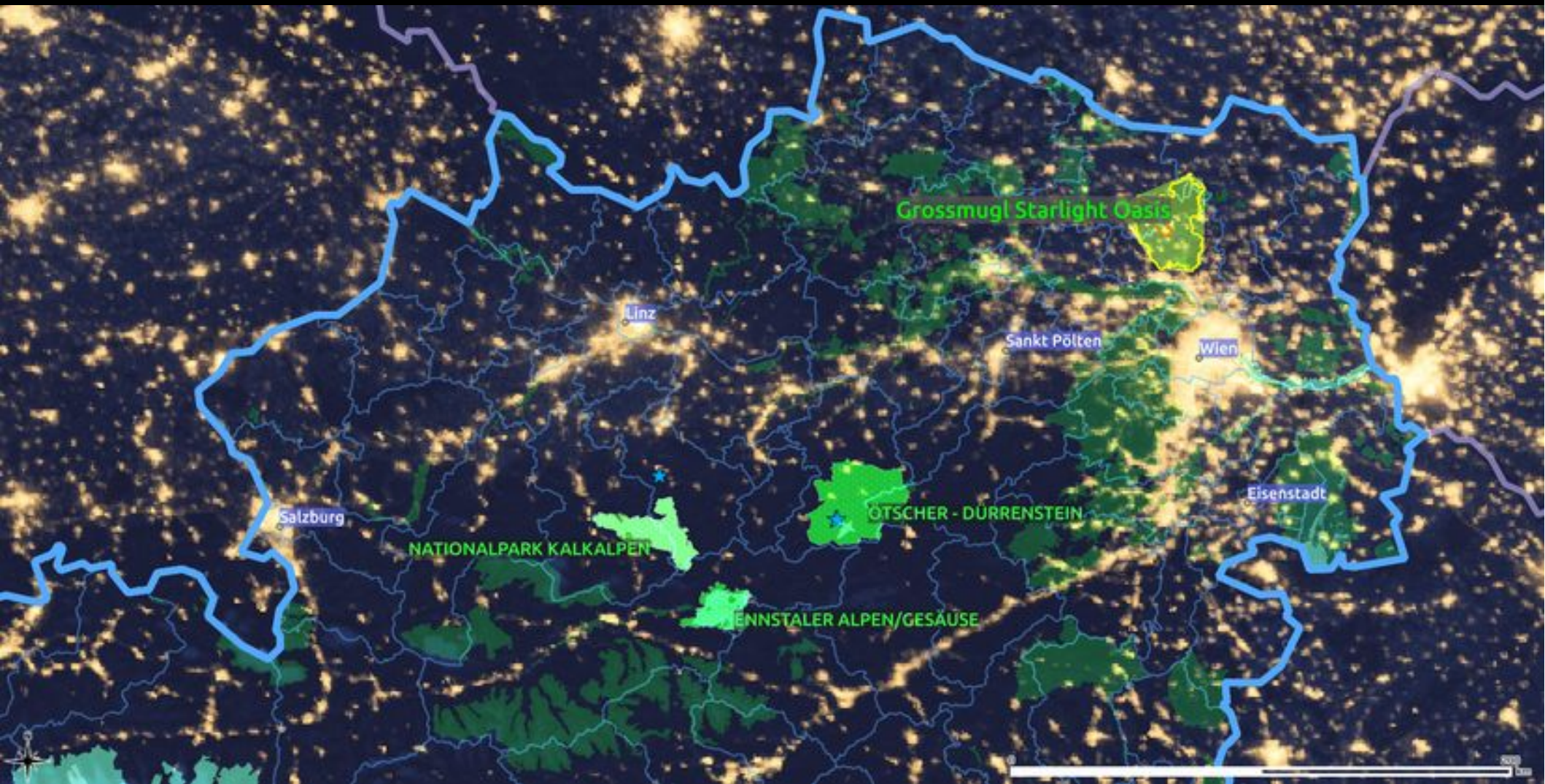
Licht-Häufigkeit der Naturnacht

3 Monate, Cerro Armazones, Atacama-Wüste, Chile



Mitteleuropa, Lichter 2012







Gegenschein at S-rim auf Alpine Starlight Reserve
R. Dobbesberger Sternfreunde Steyr

Wildnisgebiet Dürrenstein

Letzter
Primärwald der
Alpen

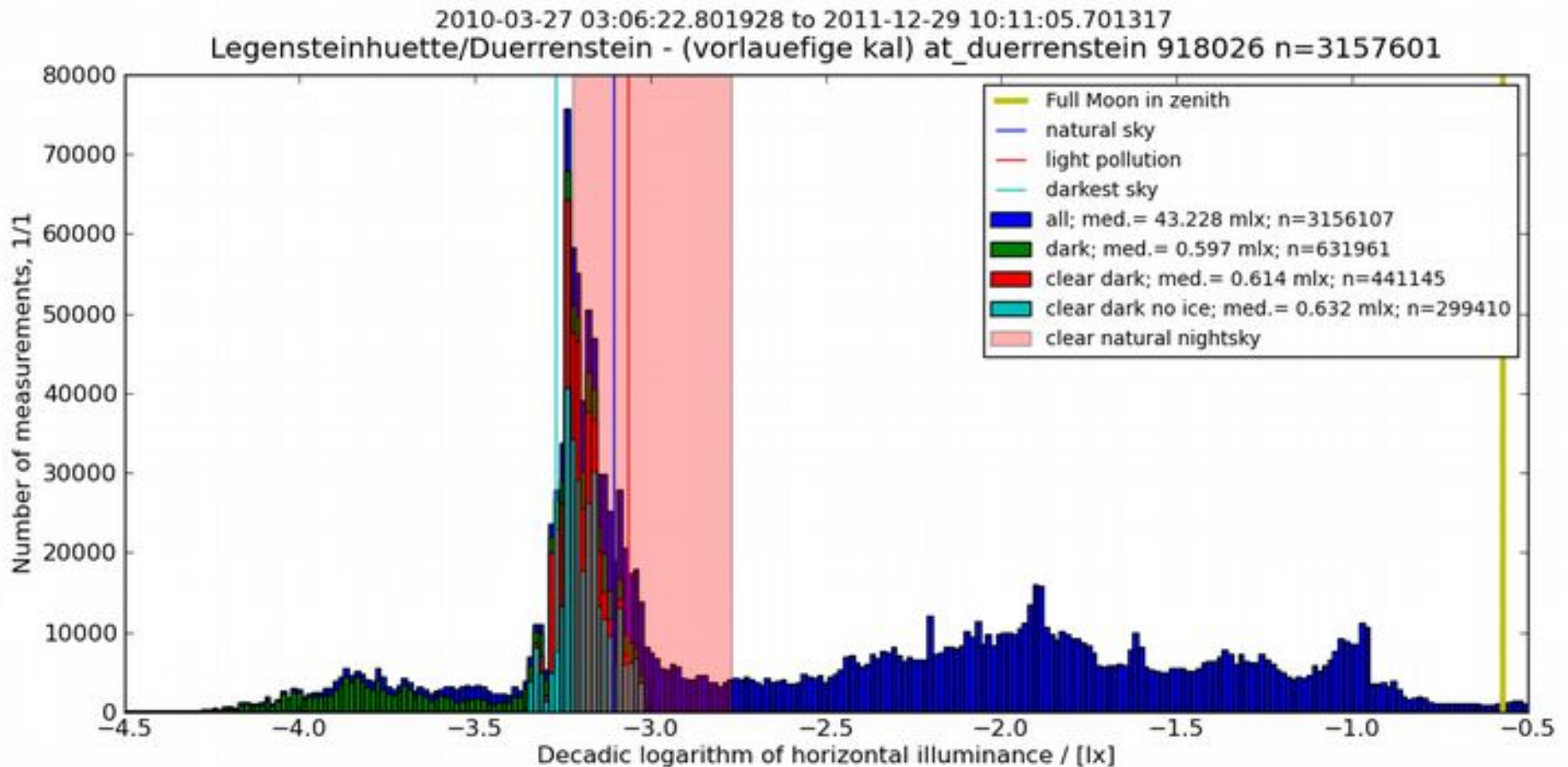
Lightmeter
Messstation

Verein Kuffner-Sternwarte

1500 m



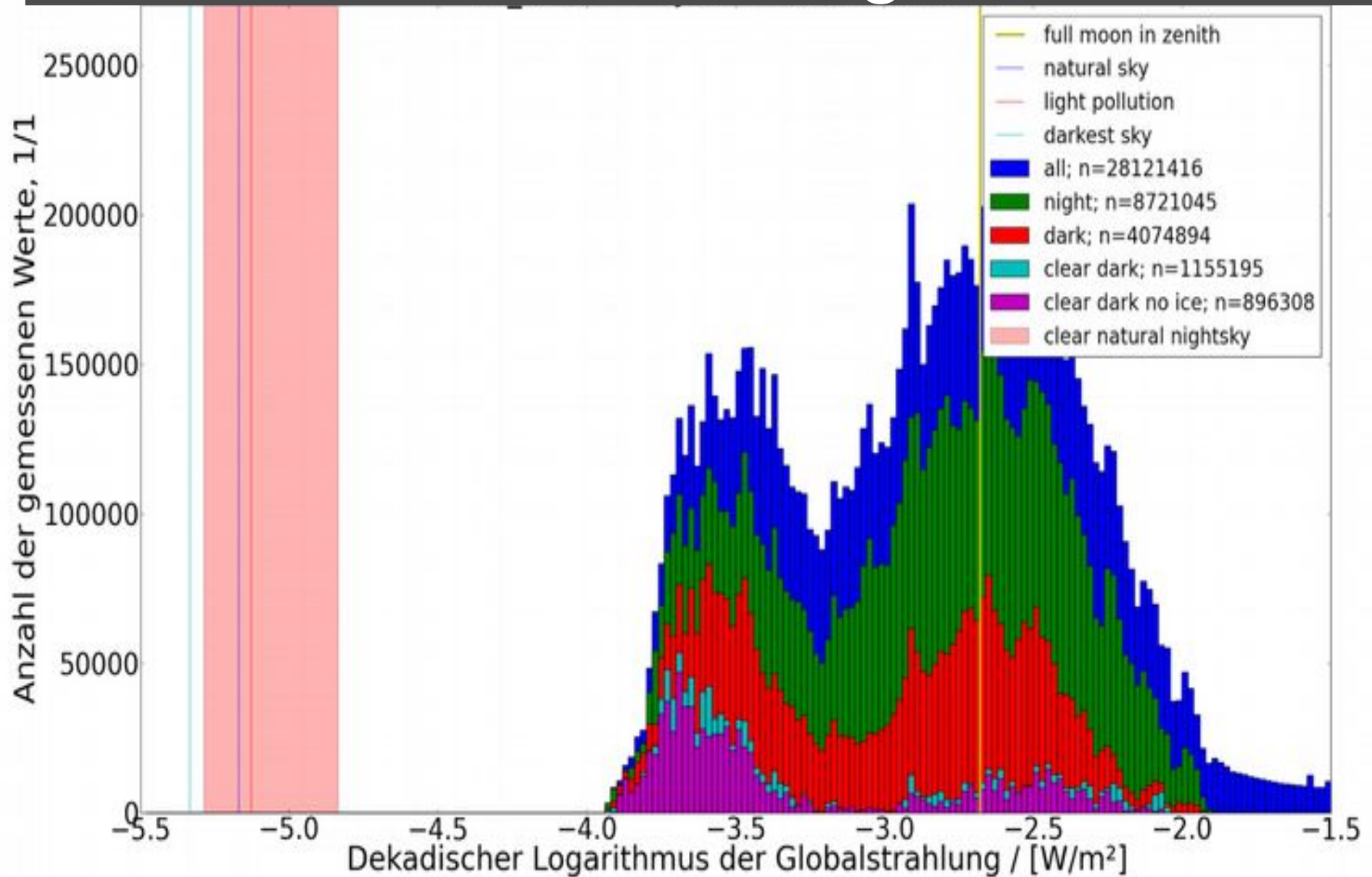
Licht im Wildnisgebiet Dürrenstein 2011/2012





Wildnisgebiet Dürrenstein (IUCN I/1a), „Urlicht über Urwald“ +
NP Gesäuse und Kalkalpen (IUCN II)

Globalstrahlung Wien Zentrum Verteilung



Licht über Wien

- 30 MW - Leistung
- 90 GWh pro Jahr - Energie
- 50000 t pro Jahr – CO₂ Äquivalent

Teil 3: Entwicklung



Großmugl

Lichtmessnetz Wien 2013

Verein kuffner-sterne.waerter.at + WUA

Klosterneuburg

Alte Donau

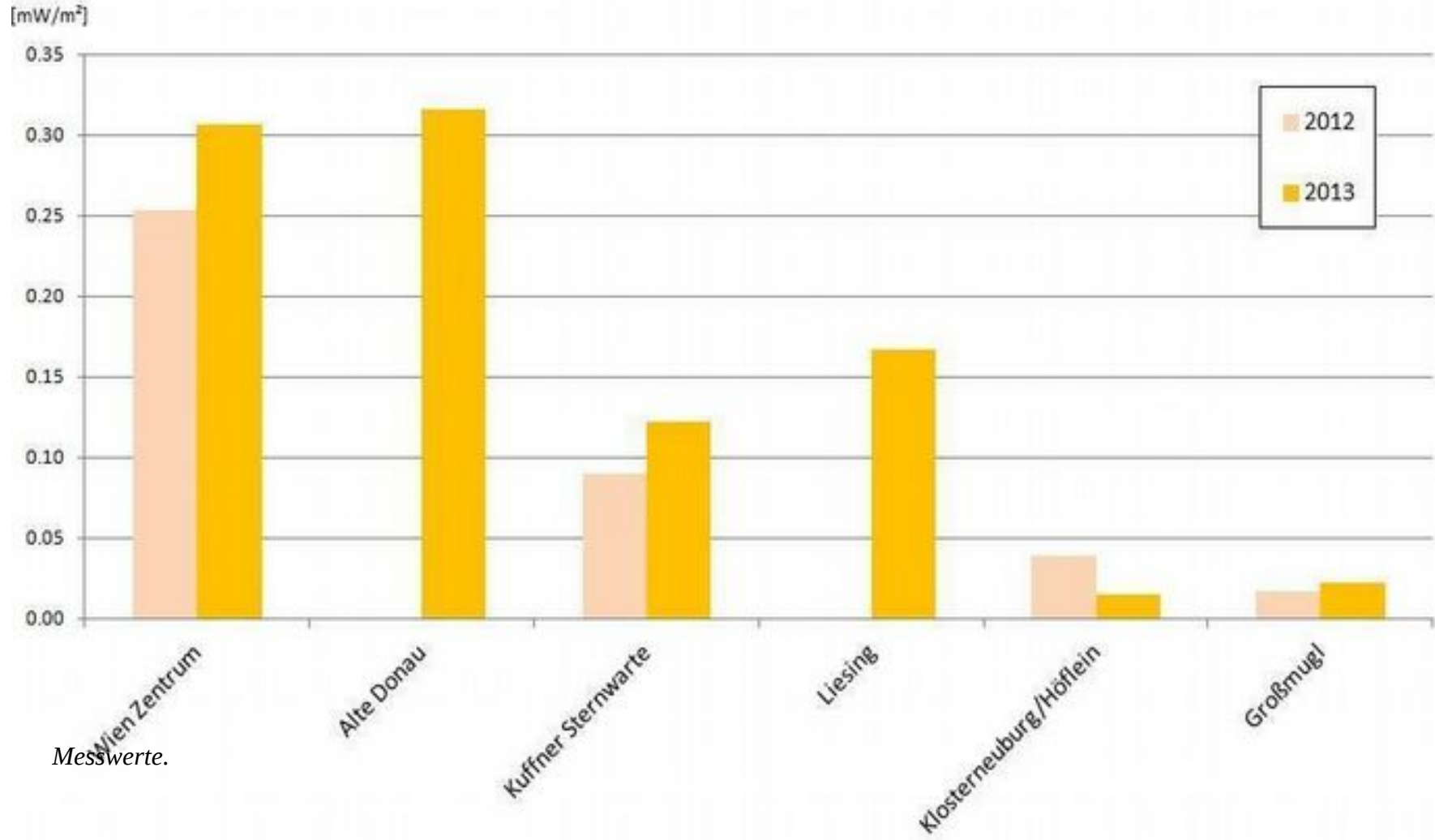
Kuffner

Lebmin

Liesing



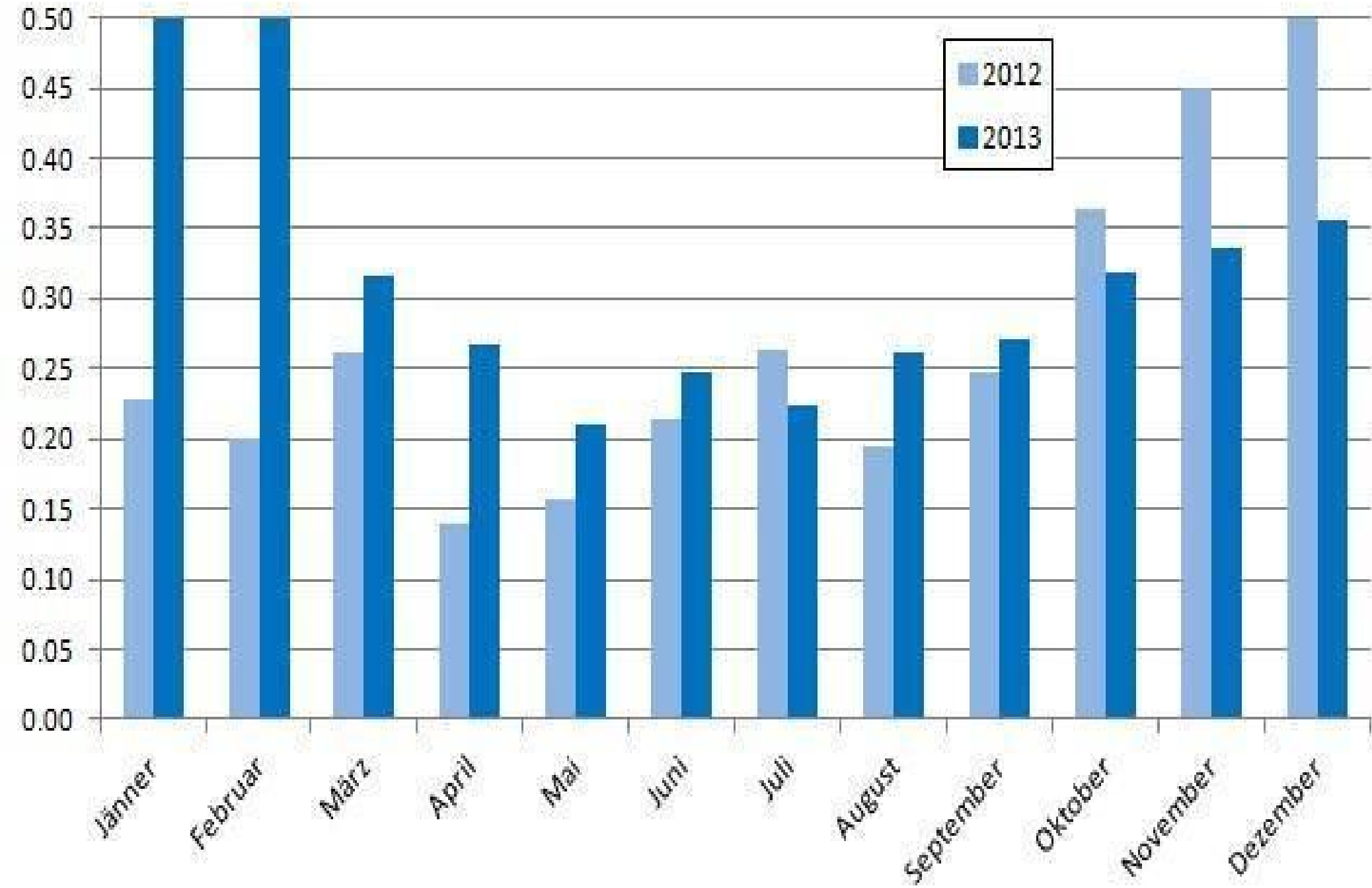
Vergleich der Jahresmediane 2012-2013



Messwerte.

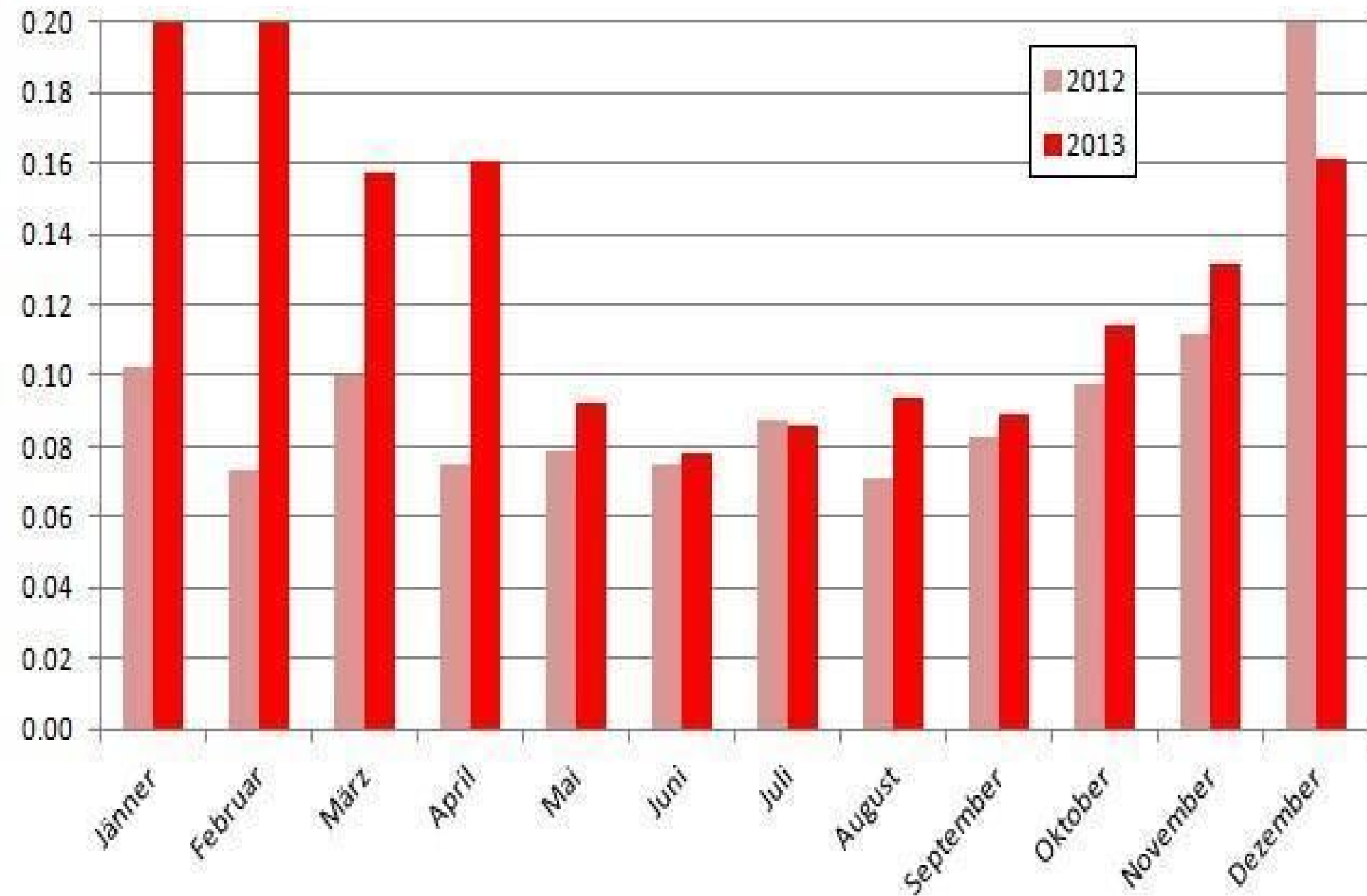
Wien Zentrum 2012-2013

[mW/m²]



Kuffner Sternwarte 2012-2013

[mW/m²]



Licht über Wien: 2011 - 2013

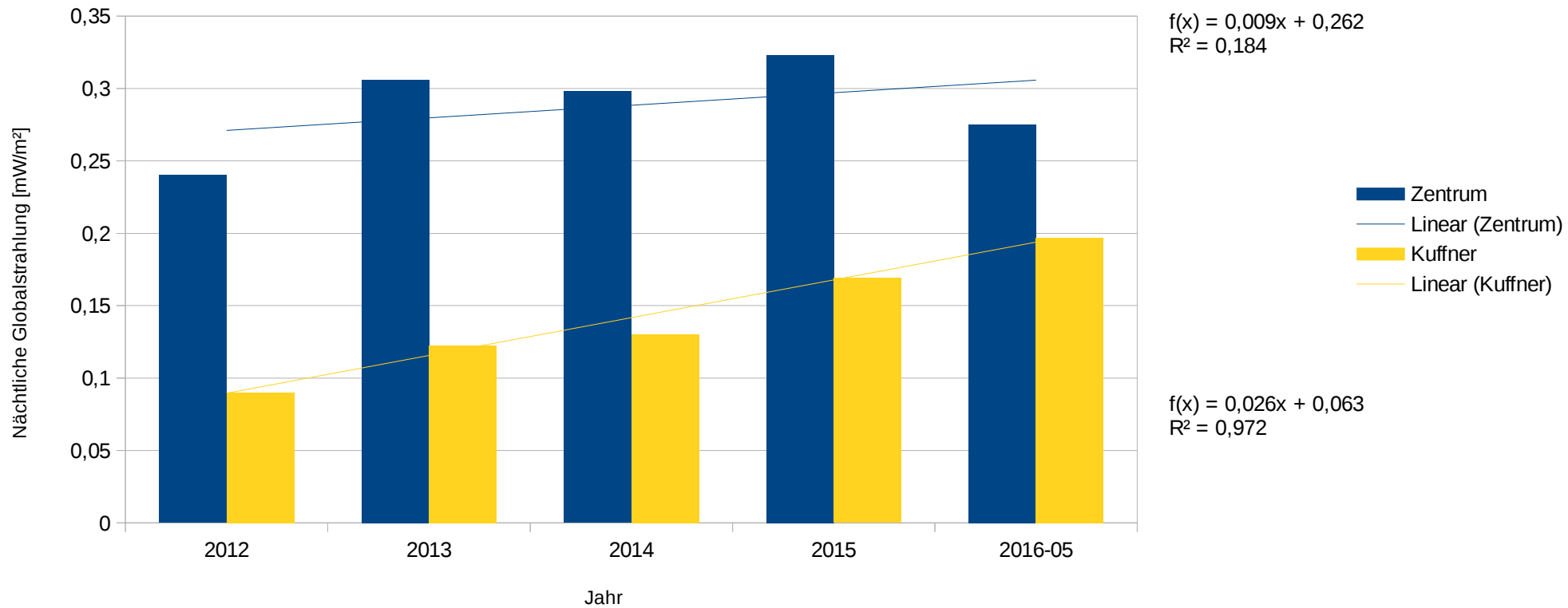
- 30 MW
- 100 GWh
- 50000 t CO₂
- 10% Zuwachs 2013
- 2013 bestätigt 2012
- Astronauten-Bilder bestätigen "Himmelslicht"
- Licht über Wien I-III: wua-wien.at
(Stadtökologie)

Monitoring aktuell

Aktualisiert Juni 2016

Licht über Wien

Jahresmedian, mondloser, klarer, frostfreier Nacht-Bedingungen



Kuffner-Sternwarte bei Nacht Blickrichtung Zentrum



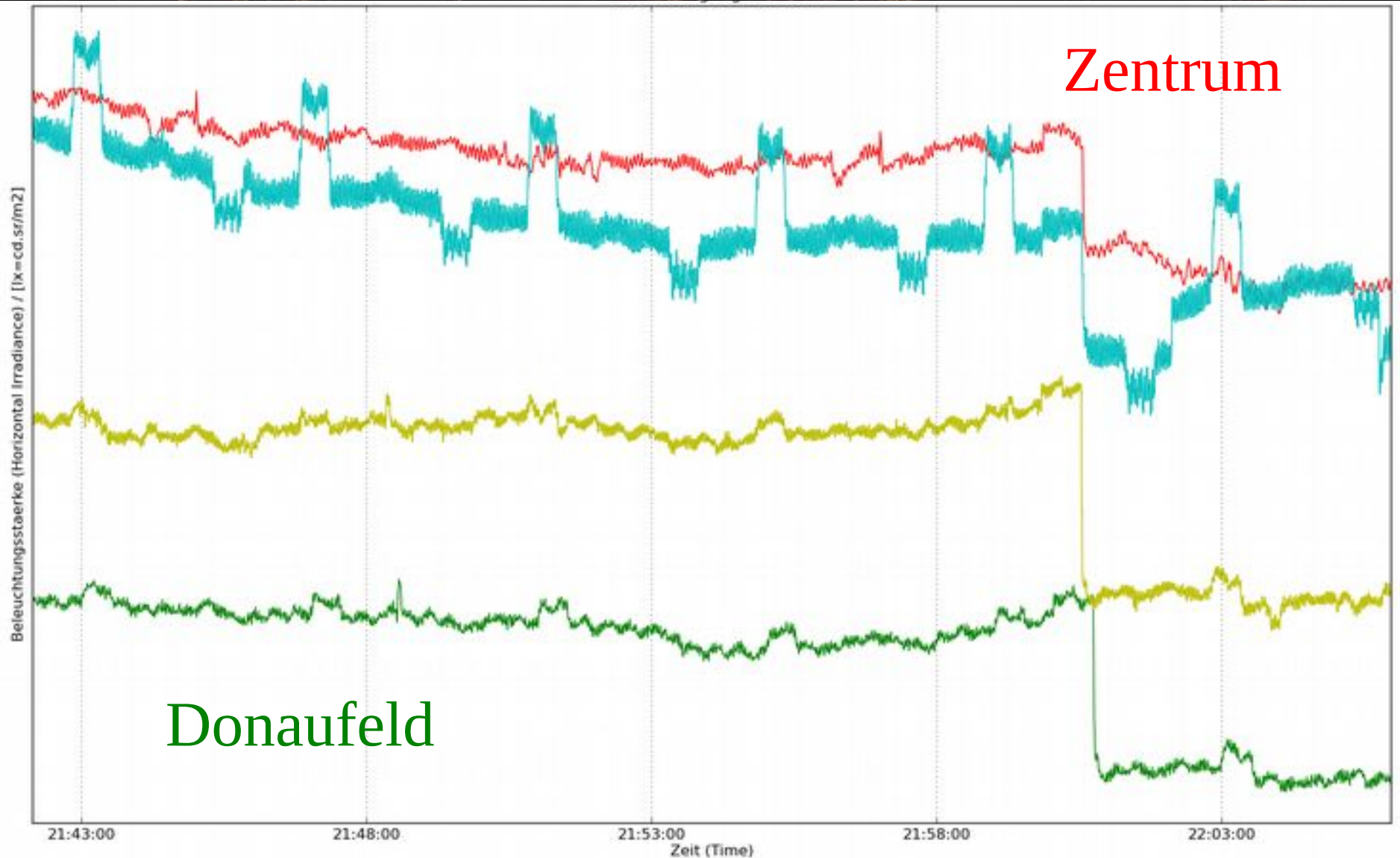
Die Probe

Injektion von 140 000 W in die Wiener Lichtglocke



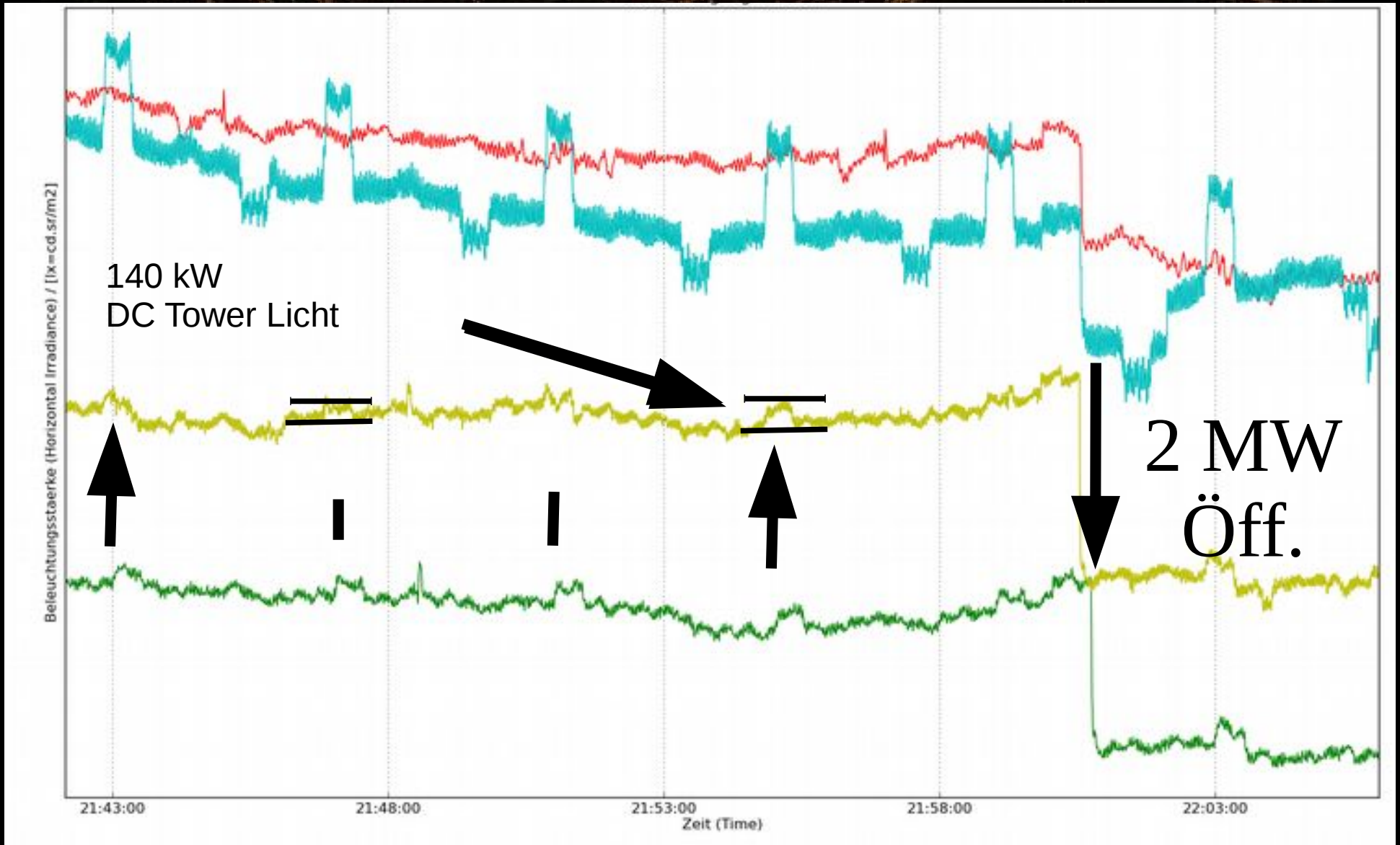
Wiener Lichtmessnetz + DC Stationen

(Sampling 10 Hz)



Wiener Lichtmessnetz + DC Stationen

(Sampling 10 Hz)




Teil 4 – Das fehlende Licht

Große Unterschiede in den öffentlichen und nicht-öffentlichen Anteilen am Lichts des Himmels und auf der Straße!

==> „Straßenlicht“ zu zwei Drittel öffentlich

==> „Himmelslicht“ zu zwei Drittel „privat“

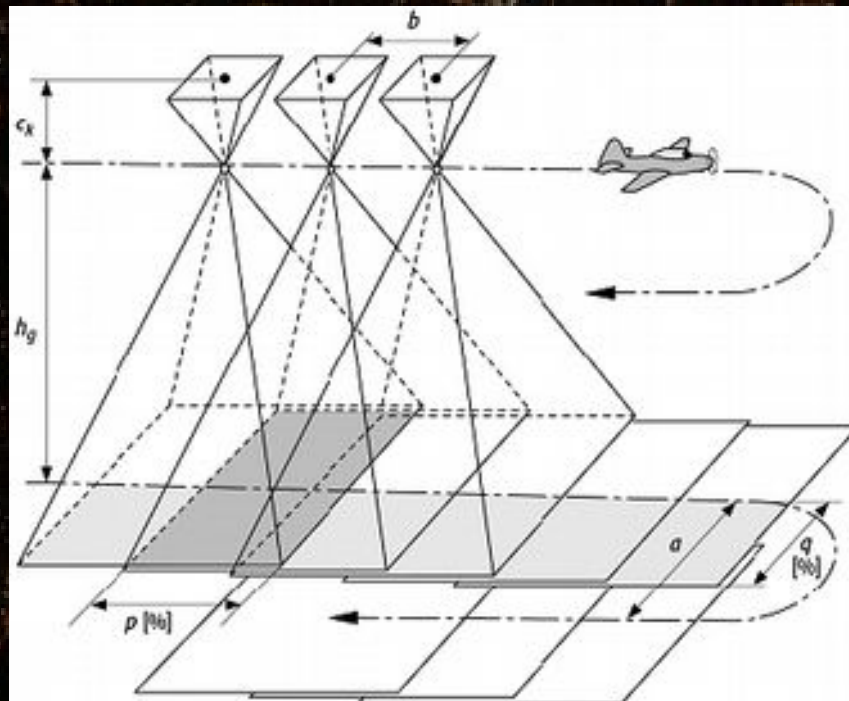
A nighttime photograph of a Gothic cathedral, likely the Cologne Cathedral, viewed from a low angle. The central spire is brightly lit against a dark sky. The roof features a colorful, geometric pattern. To the left, a street is illuminated by warm, yellow streetlights, creating a lens flare effect. The overall scene is a mix of artificial light and dark architectural details.

>90% an den Himmel, keine Halbschaltung,
bei Messfahrt nicht erfassbar



Flugkartierungen - Motivation

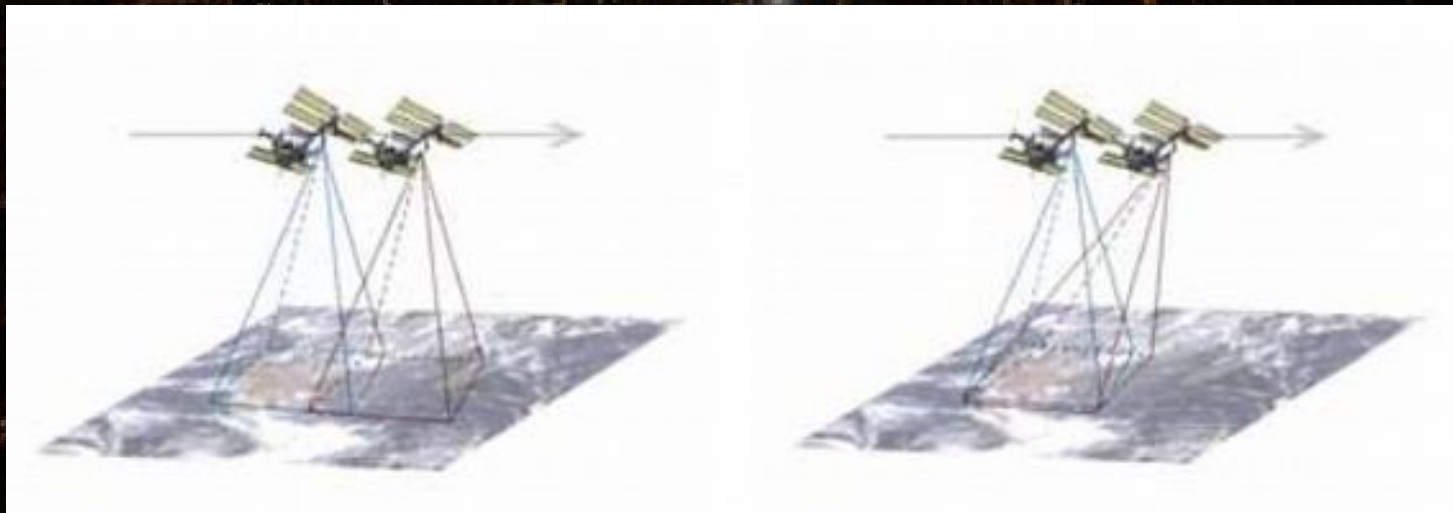
- ♦ Problem von Standard-Flügen - vorbei an Strahlern;
- ♦ Meiste Abstrahl-Richtungen nicht berücksichtigt;
- ♦ Aufnahmewinkel **senkrecht**;
Atmosphärische Lichtstreuung / Umweltimpakt am
wahrscheinlichsten **waagrecht**;



Bildüberdeckung: Längs- und Querüberdeckung, a Abstand der Flugtrassen, b Aufnahmebasis (<http://www.geodz.com>)

Astronauten Methode

- ♦ Raumstation: 350 km, konstante Höhe, Nikon D3S
- ♦ Satelliten-Probleme:
 - Aufnahmewinkel: wenige $\sim 45^\circ$, nicht (wirklich) steuerbar; Quellen nicht identifizierbar, nur eine Komponente (transversal) erfassbar
 - Variationen in Belichtungszeit



Belichtungsaufnahmemodus:
Verschiebung während einer Aufnahme

Automatische Nachführung am Nightpod

Wien - Astronauten Aufnahme

Eine Richtung!



Vollständigkeit – Richtungen

Warum keine Leuchttürme auf ISS-Bildern sind

- $\sim 90^\circ \times 360^\circ$:

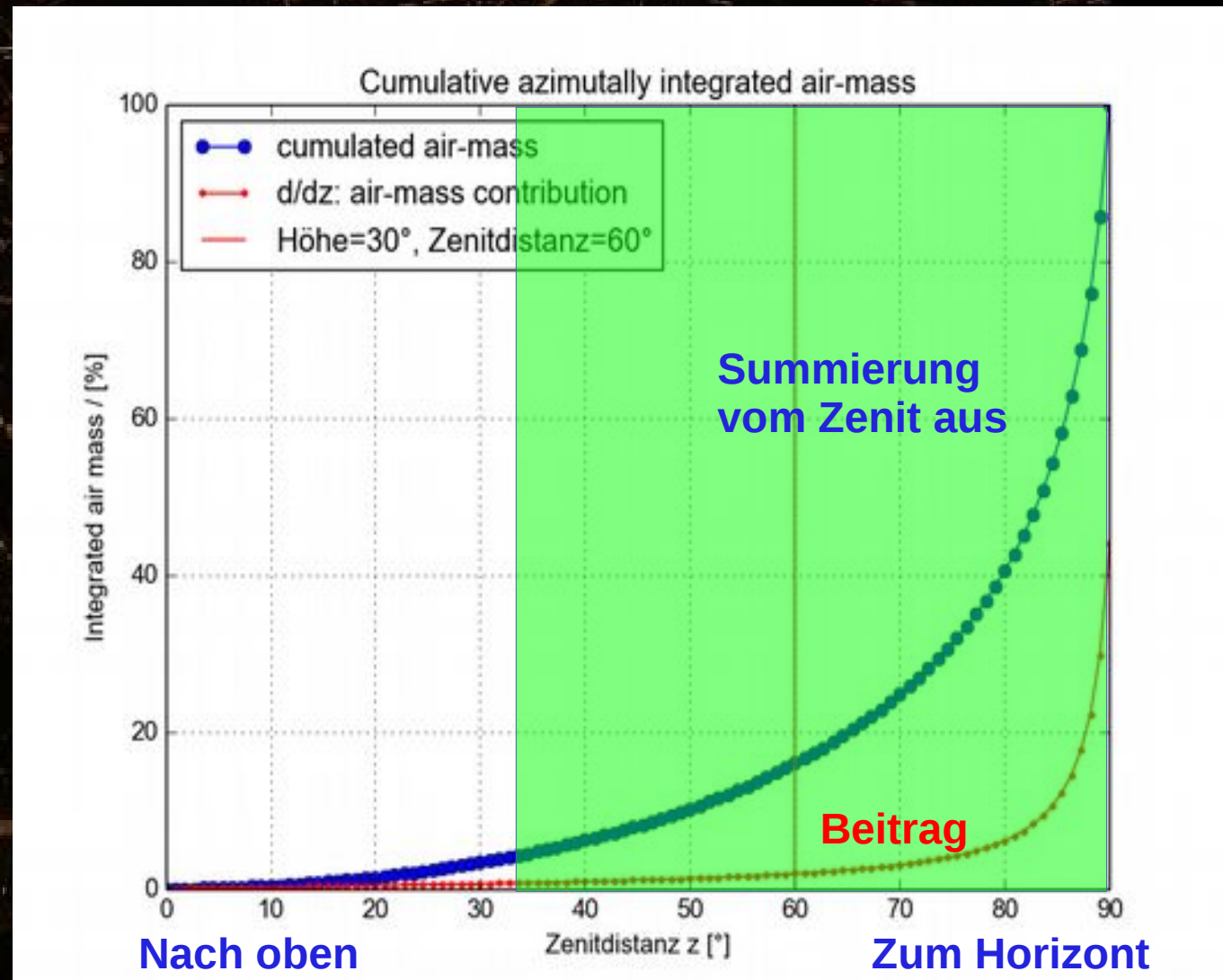
Immission
Energie
Effizienz

- **Wirkung:**

Streuung
Luftweg

Am Horizont ist
selbst die Sonne rot

Ablicht



Messung hier



Vollständigkeit - Leuchtdichte

- Mondschein bis Flutlicht
- Instrumentendynamik 2^{32} (9+9+14) $\sim 1 : 10^9$
 - Sonne : Vollmond $\sim 1 : 436\ 000$;
 - Sonne : Mars $\sim 1 : 9$ Milliarden
- Quantifizierung lichtstarker und lichtschwacher Quellen
- Funktioniert die Abblendung nach oben?





Vollständigkeit - Stadtgebiet

- Optimiertes-Kamera-Flug-System (Kontrast);
- Langsam genug um genug Licht zum Nachweis zu haben (Belichtungszeit);
- „Schnell“ genug um alle Richtungen aufzunehmen (Flugzeit);
- Genau positionierbar (Wiederholbarkeit);
- Leistbare Kampagne.




Lösung: Langsamkeit

Kamera M

Erste Nachtbildbefliegung Wiens

A photograph taken from the perspective of a pilot in a cockpit during a night flight. The pilot is wearing a headset and is looking out the windshield at a cityscape illuminated by lights. The cockpit instruments and controls are visible in the foreground, and the city lights are reflected on the windshield.

- Verein Kuffner-Sternwarte
- Stadt Wien
 - MA 33 – Wien Leuchtet
 - MA 39 – Prüfung, Überwachung, Zertifizierung

- 
- An aerial night photograph of a city, showing a dense grid of streets illuminated by streetlights. The lights create a complex pattern of orange and yellow lines against the dark background of the city. The perspective is from a high angle, looking down on the urban layout.
- 216 Richtungen
 - 3888 Aufnahmen
 - 2m Auflösung



Georeferenziertes
Optimiertes
Bild – Astronaut
Andre Kuipers
with ESA nightpod



Geplante Positionen
6 x 36 Richtungen
Optimiert nach
Immissionsimpakt



Geflogene Route
Bordnavigation
Genauigkeit:
<100 m ~ <1%
Median

Beispiel I – Wien Kuffner-Sternwarte

- Leuchtenpark bei *European Symposium for the protection of the Night Sky 2008*;
- Verein Kuffner-Sternwarte lädt full-cutoff Leuchten ein;
- Leuchtentausch zu vollständig aufwärts abgeblendet:
 - 2 Seilhängeleuchten vor dem Observatorium (Unterstützung Wien Leuchtet), und
 - 3 Mastleuchten in der Nebenstraße (Unterstützung Hersteller).

U3-Ottakring – Wilhelminen Spital Kuffner-Sternwarte



Lücke 2x full cutoff

Kuffner-Sternwarte – 2 neue Leuchten



Lücke 2x full cutoff

Kuffner-Sternwarte / Ottakringer Bad

Wien Johann Staud Straße 10



Beispiel 2 – Wien, Seestadt Aspern





Beinahe
Full cutoff

Full cutoff

nera MA 33

Farbbild einer Leuchtdichte-Kamera

MA 39 Pribitzer



Leuchtdichte – simultan im Flug

MA 39 - Pribitzer

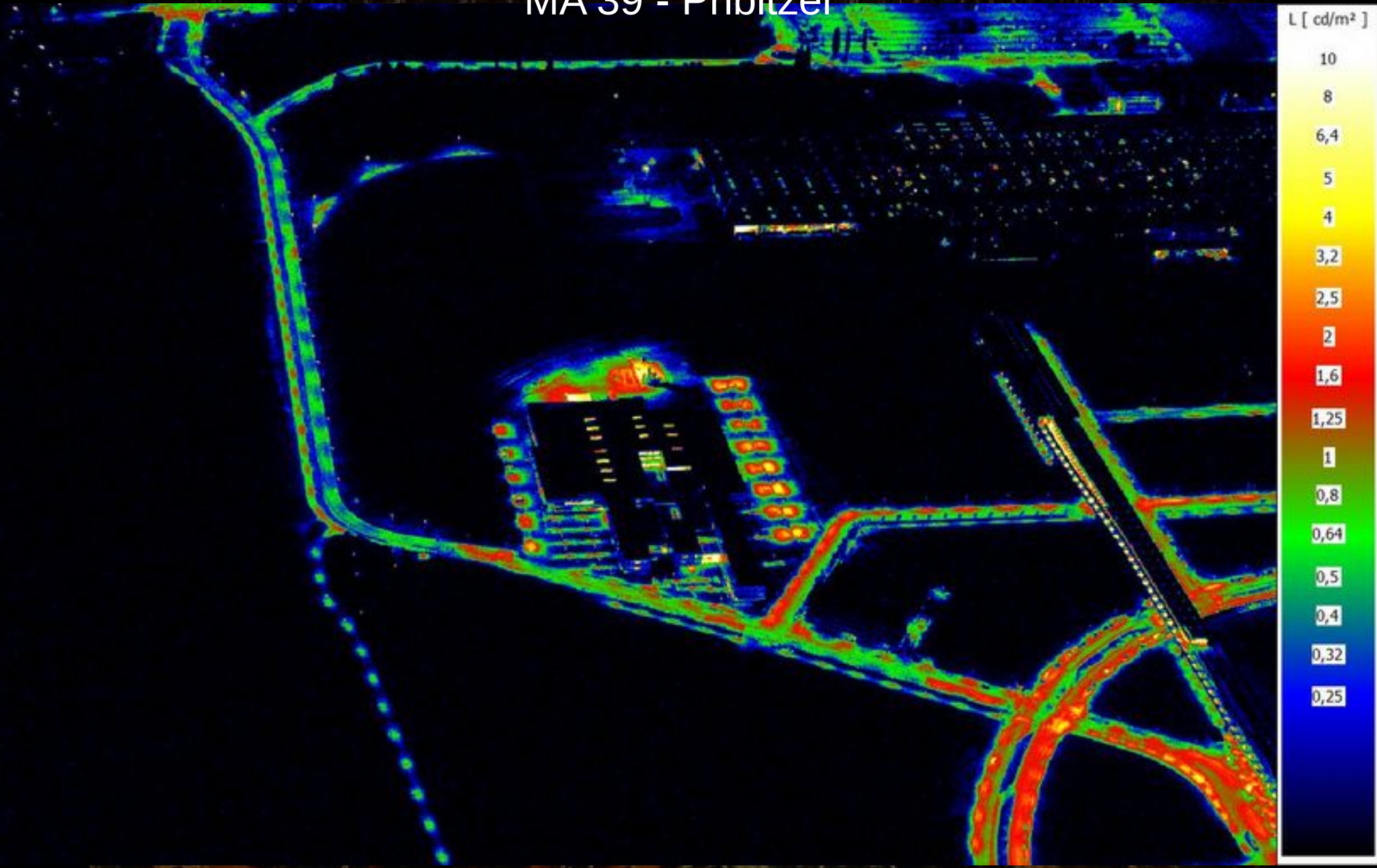




Bild MA 33

Seestadt Aspern

- Geplantes Licht
- Von oben:
 - Licht der Nutzflächen sichtbar
 - Lichtquellen unsichtbar; keine direkte Immission
- Praktisch keine Strahler
- Minimalimmission

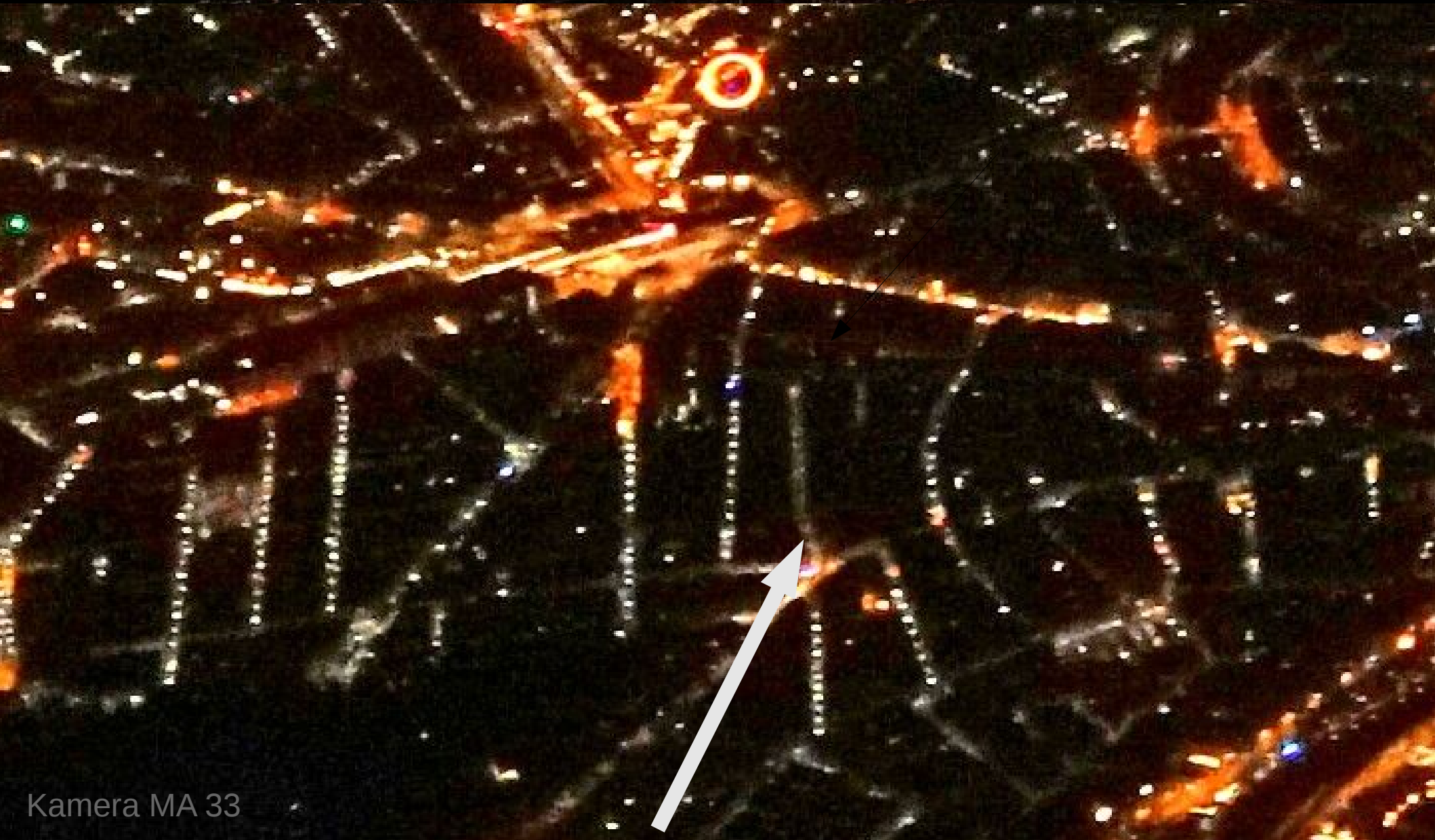
Beispiel 3 – Wien, Blumauergasse

An aerial night photograph of a city street grid, likely in Vienna. The streets are illuminated with warm, orange-yellow lights, creating a complex network of lines against the dark background. A small red circle is visible in the upper-middle part of the image, highlighting a specific intersection or location.

Blumauer-Strasse
Emissionsrichtung 25°
Beleuchtungslösung mit minimierter Umweltwirkung

Beispiel Blumauer

Emissionsrichtung 25° über Horizont



Seilleuchte Wien Neu – LED

MA 33 FCO (Blumauergasse)




Seilleuchte Wien – Alt

Leuchtstoff (Taborstraße)



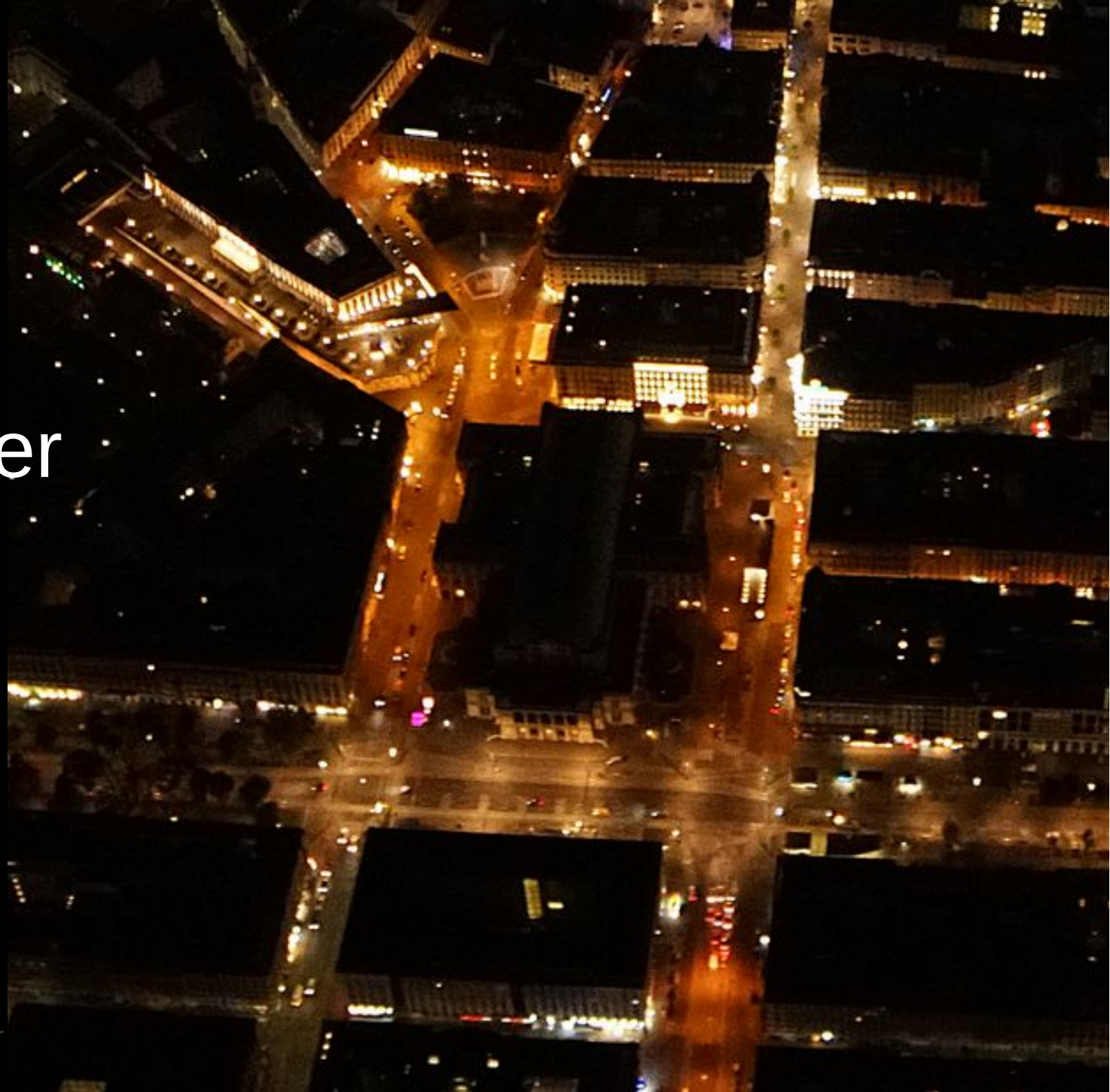
Naschmarkt Mariahilfer nach W



An aerial night photograph of a city, showing a dense grid of streets and illuminated buildings. The lights create a warm, golden glow against the dark night sky. The text is overlaid in the center of the image.

Öffentliche Leuchtkörper?
Wo?

Albertina
Staatsoper
1h34



Die hellsten Hinauf-Lichter Wiens



Hochstrahler nach Strahlhöhe

Abstrahlhöhe	Quelle	Stärke	Klasse	Azimut
15°	Stephansdom	7,8 Mcd	Kultur	091° (O)
25°	Hauptquartier	5,6 Mcd	Handel/V.W.	100° (ONO)
35°	Fassadenstrahler	14,8 Mcd*	Handel	200° (SSO)
45°	Fassadenstrahler	15,8 Mcd*	Handel	160° (OSO)
55°	Gebäudestrahler	12,6 Mcd*	Kultur	031° (NNO)

Die 10 Hellsten Wiens

Abstrahlhöhe	Quelle	Stärke	Klasse	Azimut
0 = Horizont 90 = Zenit		Mcd		N(000°)-O(090°) S(180°)-W(270°)
45°	Einkaufszentrum	16*	Handel	160°
35°	Geschäftsgebäude	15*	Handel	200°
55°	Veranstaltungssaal	13*	Kultur	031°
25°	Hauptsitz	5,6	Handel/Verwaltung	100°
15°	Stephansdom	7,8	Kultur	091°
15°	Mietfläche	4,8	Werbung	330°
54°	Hauptsitz	3*	Verein	210°
25°	Donauturm	2,8	Kultur	080°
15°	Mietfläche	4,8	Werbung	190°
55°	Riesenrad	3*	Kultur	320°

Platz 10 – 3 Mcd



Platz 7 – 2,8 Mcd



Platz 5 – 7,8 Mcd





Lufterfassung = Vollständigkeit



Ist es das vermisste Licht?

Top 10: 75 Mcd

474 Mlm bei 2π sr

4,74 MW bei 100 lm/W

Top 50: 226 Mcd

1,4 Glm bei 2π sr

14 MW bei 100 lm/W

Gesucht waren 10 bis 200 MW ...

Lichtflug Wien

- Erste vollständige Stadtlichterfassung
- Erste vollständige urbane Außen-Lichtbilanz
- Tausch-Monitoring auf Metropolen-Skala
- Vollständige Erfassung der Licht-Immissionen
- Messung der Minimal-Licht-Immission
- Lokalisierung von Lichtglocken-Beiträgen
- Vollständige Erfassung der Quellenverteilung
- Aufteilung des Lichts aus Langzeit-Monitoring

Aufteilung der Lichtglocke

- 1/3 Öffentliche Beleuchtung
- 1/3 Geschäftsbeleuchtung
- 1/3 Himmelsstrahler



Ausblick (von oben)

- Faktenbasis für Gestaltung des Wiener Lichts
- Erkennen von vergessenem Licht
- Messung der Wirkung vollständig aufwärts-abgeblendeter Beleuchtung während der Umstellung
- Jährliche Volumina der Lichtglocke Wien:
 - 90 Gigawattstunden an elektrischer Energie (2012)
 - 50 000 Tonnen CO₂ (2012)
 - Zunahme 10% pro Jahr
- Rückkehr der Milchstraße bis 2036



Kamera MA 39





Markus Reithofer Fenster zum All
Legersleinhütte, Wildnisgebiet Durrenstein
2011-09-30

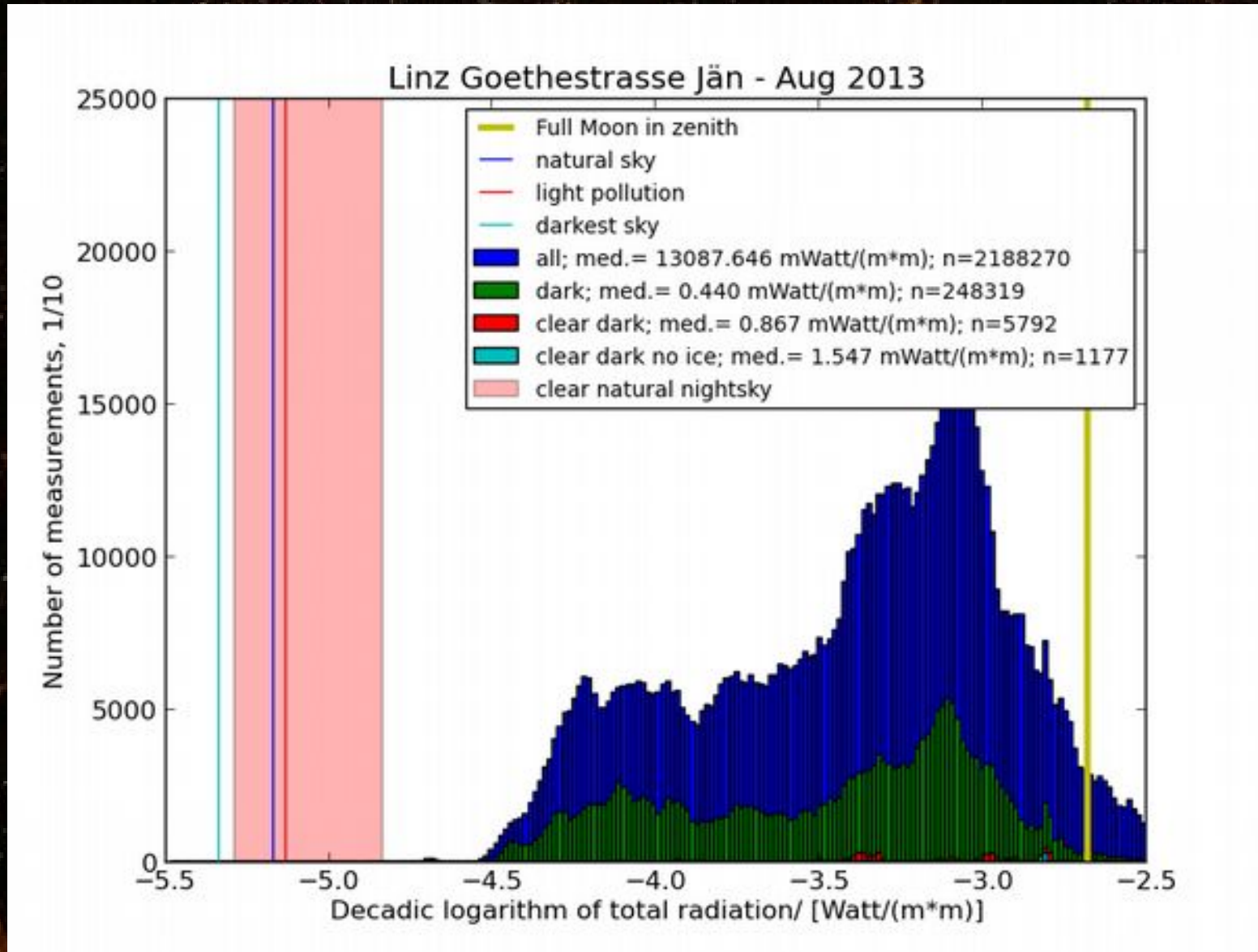
Nächtliche Vogelperspektiven

- Satelliten-Bilder etablierten Licht als das Symbol der globalen Zivilisation.
- Die neueste Generation, des VIIRS/DNB auf SUOMI/NPP und der ISS erlauben kalibrierte, farb-spezifische Aussagen über nationale und regionale Energie- und Lichtstrom Verteilungen (zB Alejandro Sanchez 2015)
- Aussagen zu Quellen und Richtungsabhängigkeit, sind aber stark begrenzt durch Auflösung und Orbits;
- Konventionelle Luftbilder bei Nacht bieten ausreichende Auflösung beschränken aber die Empfindlichkeit und erreichen nur einen kleinen Abstrahl-Winkelbereich um den Nadir.

Linzer Glocke + Messnetz in OÖ Land, VKS, LAG laufende Stationen

- Kepler – Sternwarte (LAG)
- Schloß Linz (LAG)
- Rexham (LAG)
- Hohe Dirn (Sternfreunde Steyr)
- Goethestrasse 1 und 2 (Umweltmessnetz)

Linz, Goethestraße 2013 – Nacht



“Dunkler” Globalstrahlungsmedian

Klare mondlose astronomische Nacht (vorläufig)

- Goethestrasse: 0 km 1,44 mW/m²
- Kepler-Sternwarte: 3 km 0,16 mW/m²
- Rexham: 21 km 0,03 mW/m²
- Nachthimmel: 0,006 mW/m²

Energiestrom der Linzer Lichtglocke vorläufig und mit Wiener Quellenverteilung

Boden – Ablichtleistung: 0,15 MW
Lichtleistung Linz (Quellen Wien): 19,2 MW