

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



• 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 skyscapes for many Americans.

Light Pollution



Published: November 2008

**Our Vanishing Night**

Most city skies have become virtually empty of stars.

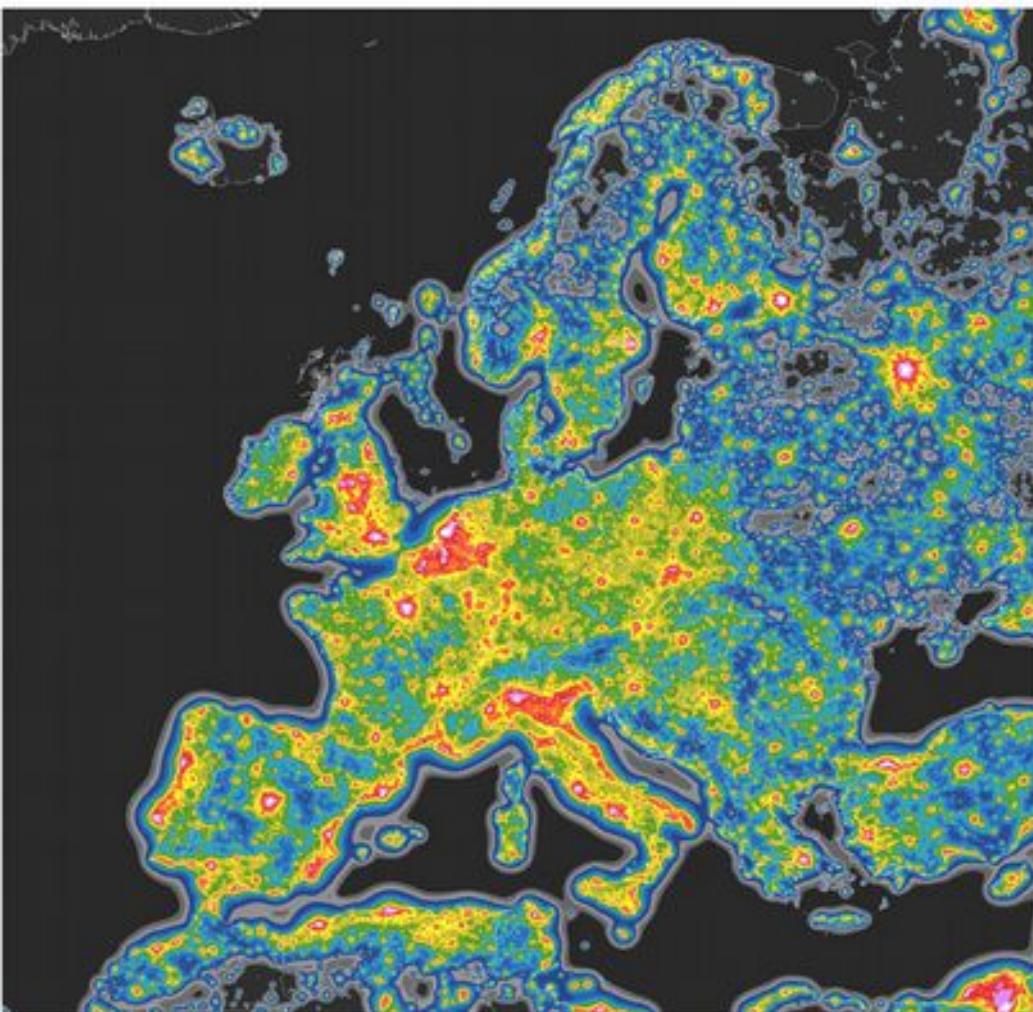
By Verlyn Klinkenborg  
Photograph by Jim Richardson

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

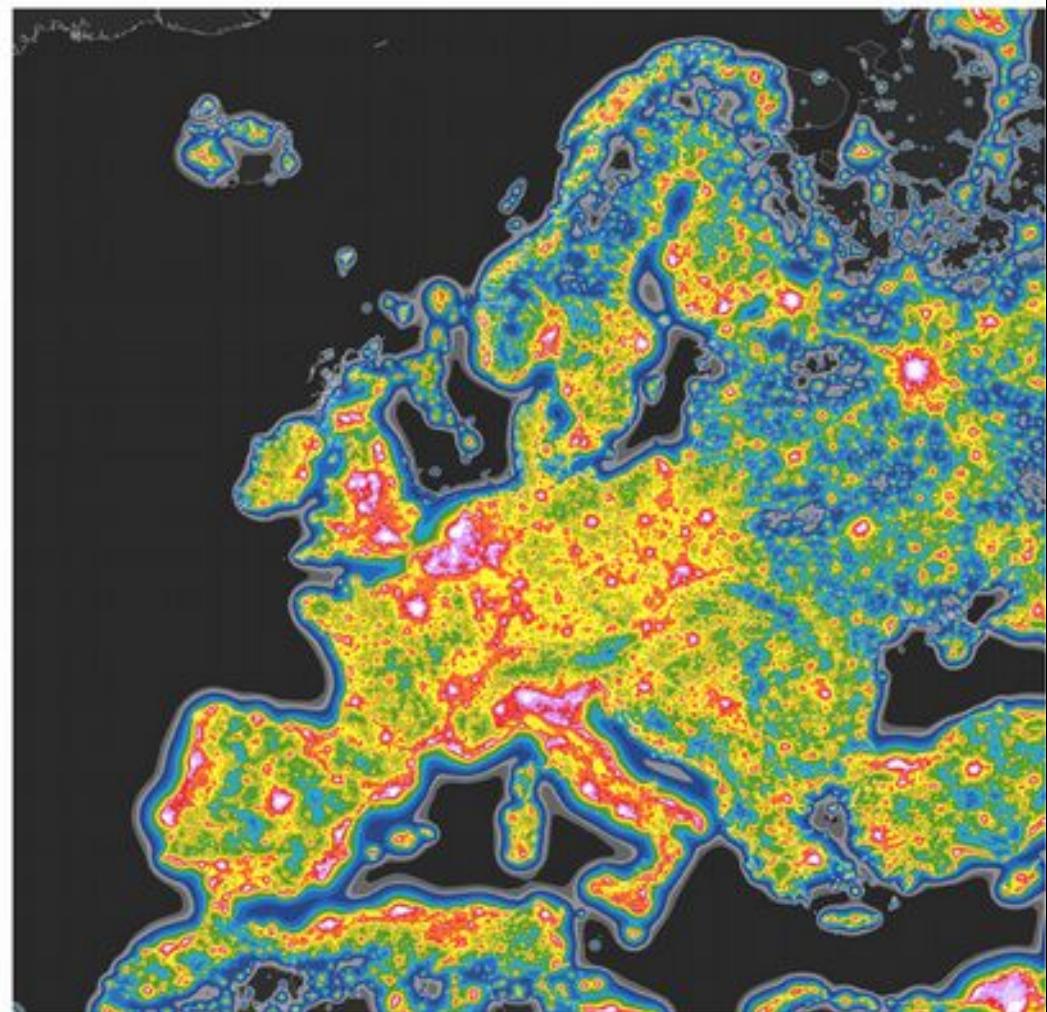
# Weltatlas künstliche Nachthimmelsaufhellung

Falchi et al. - 11. Juni 2016 Science Advances

A



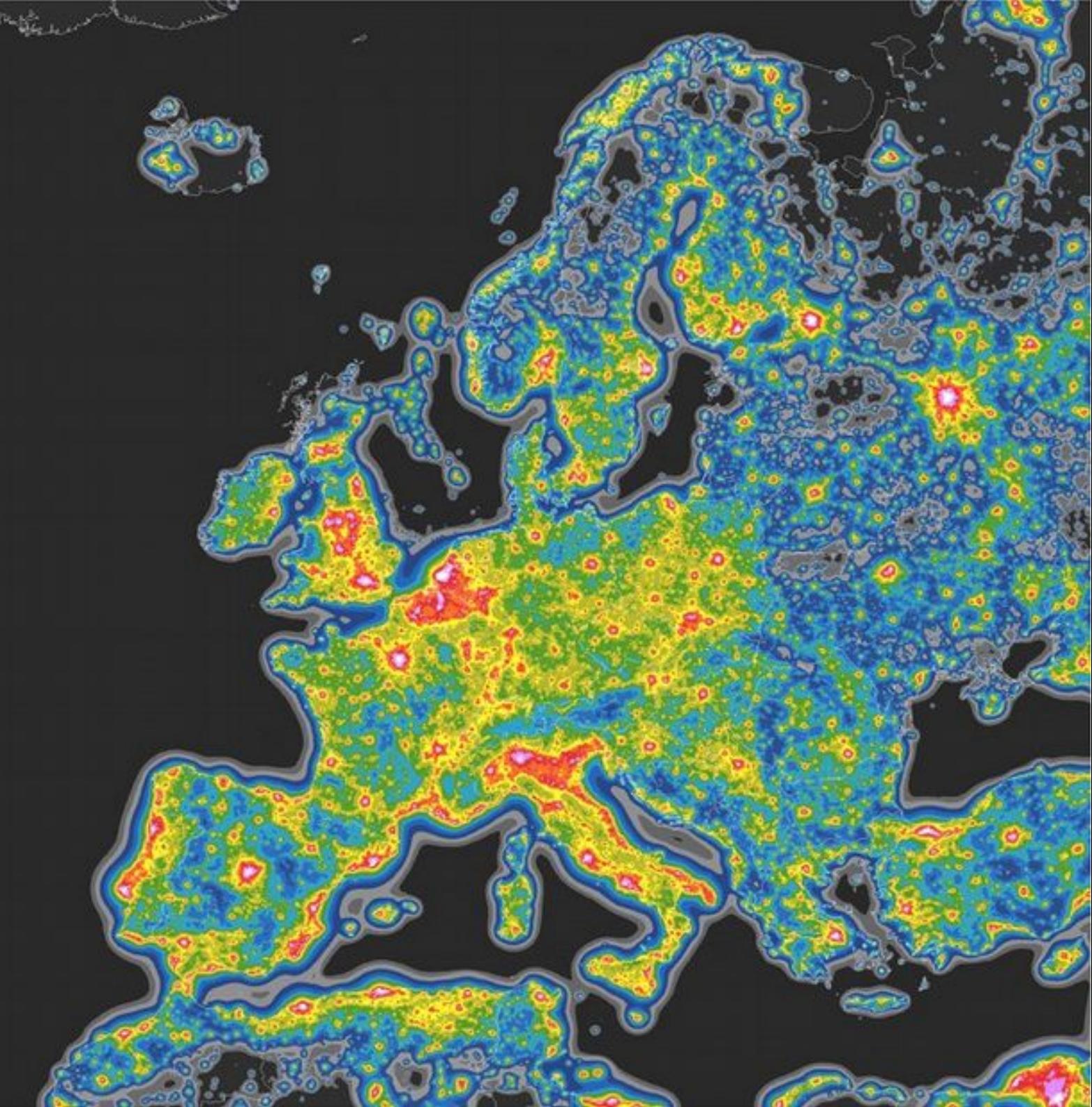
B



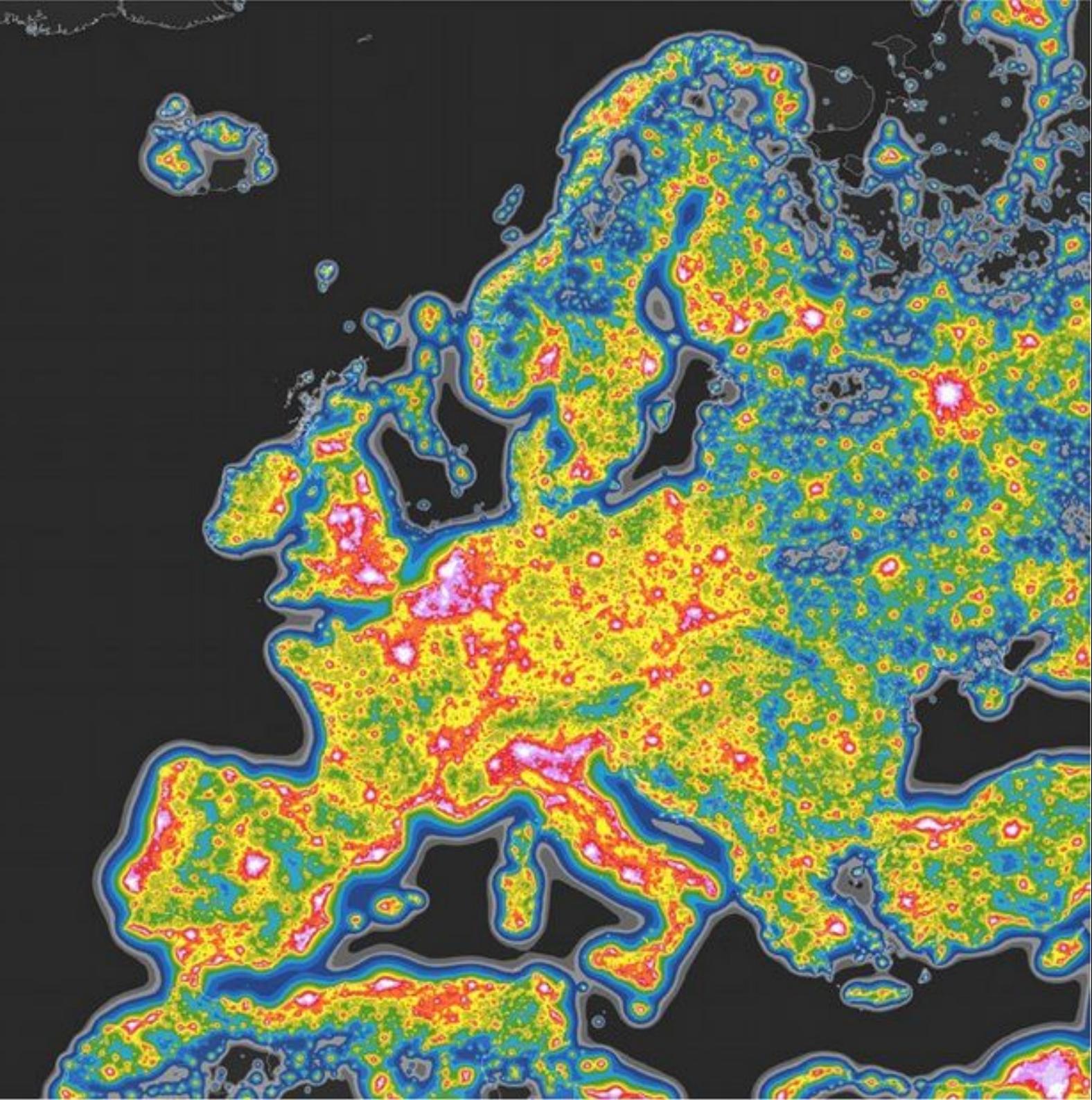
# Skala – Stufe = 10 dB = Faktor 2

Ratio to natural brightness	Artificial brightness ( $\mu\text{cd}/\text{m}^2$ )	Approximate total brightness ( $\text{mcd}/\text{m}^2$ )	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 CO<sub>2</sub>-Äquivalent der Wiener Lichtglocke



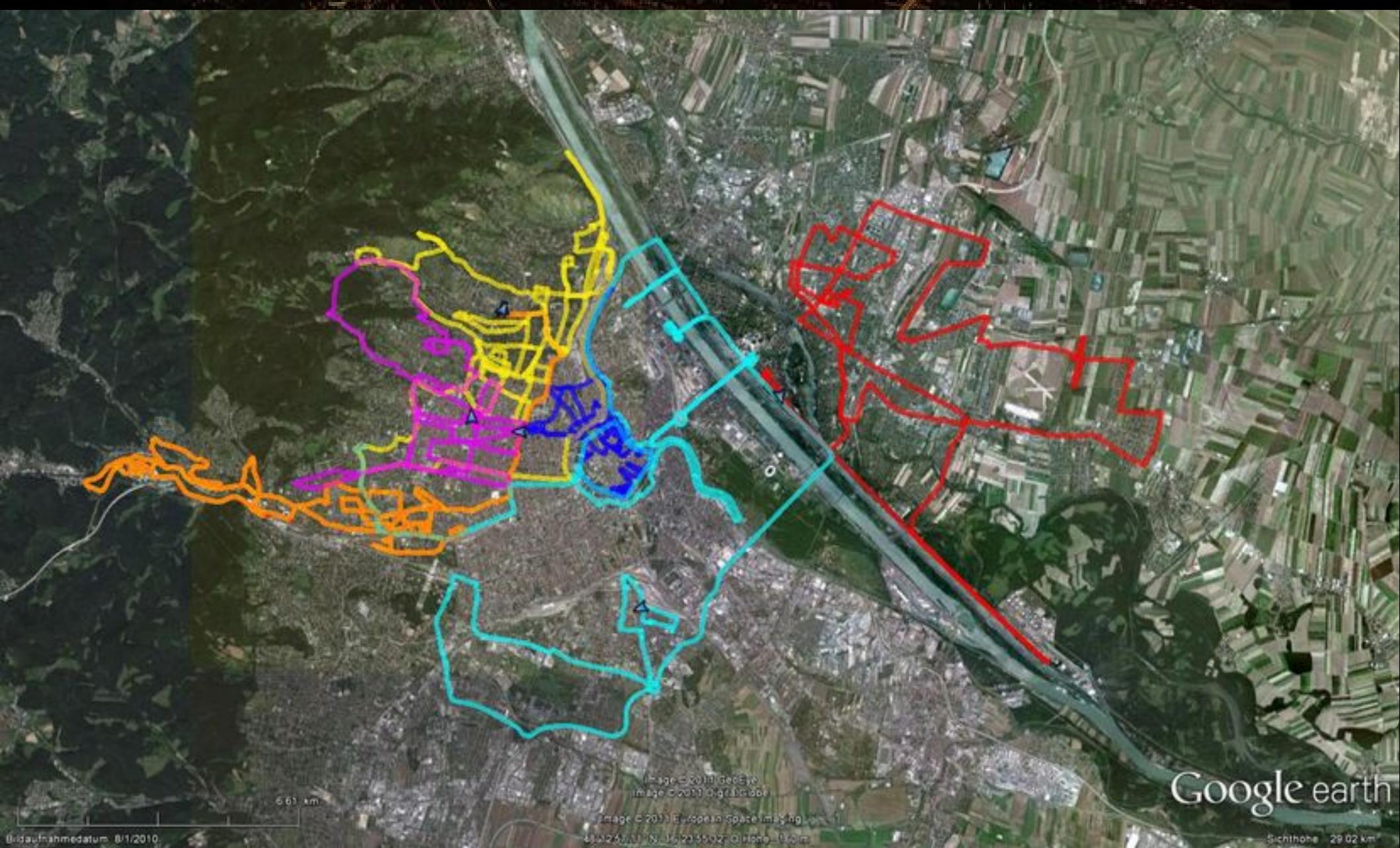
A dark night sky filled with stars above a silhouette of mountains with distant lights.

Was ist eine Lichtglocke?

# Teil 1: Lichtkartierung Wien

- Licherfassung mit Messfahrten;
- 10% des Straßennetzes = 300 km;
- Spitzenvwerte 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



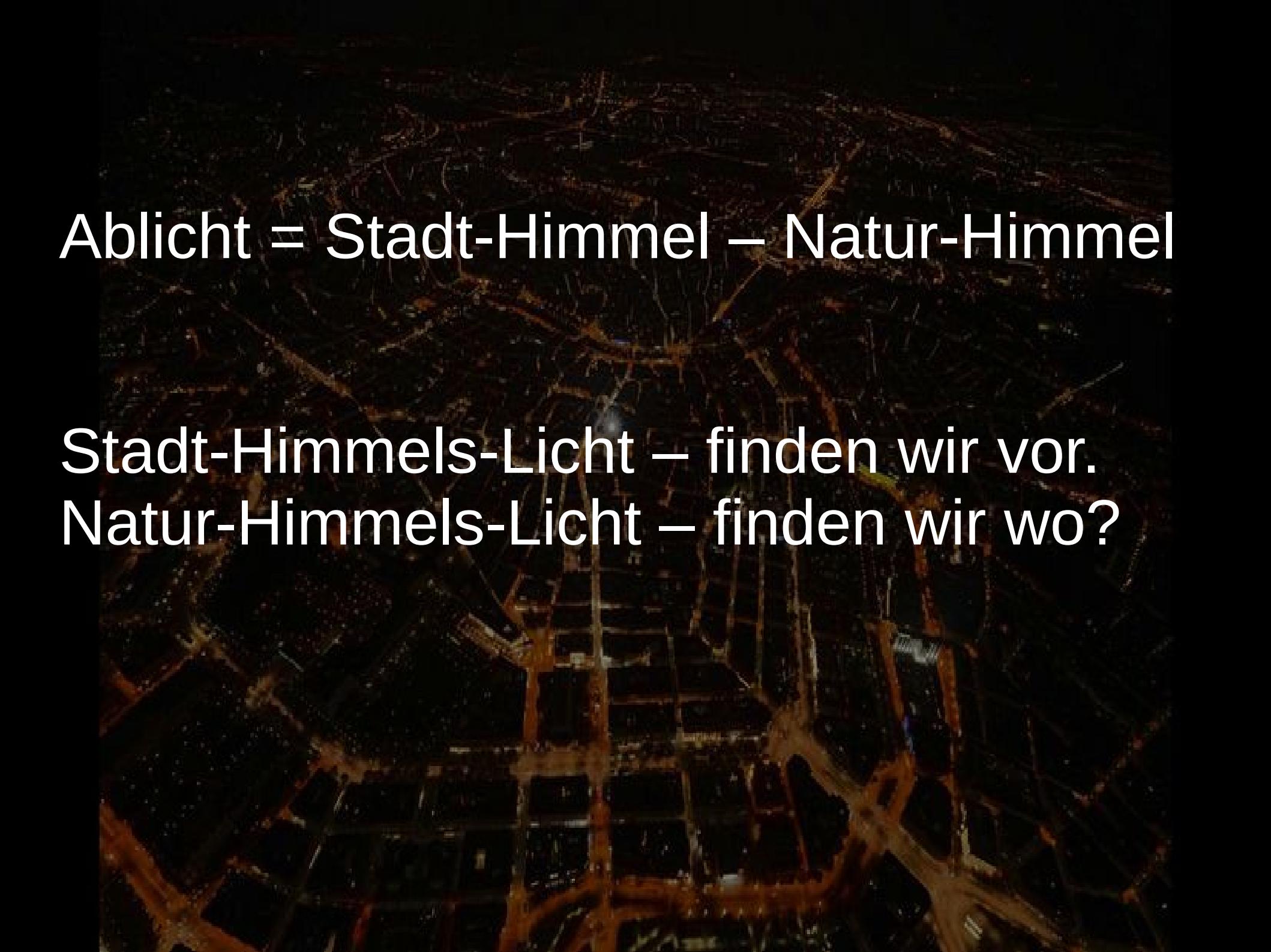
1010, Liliengasse

0,643 W/m<sup>2</sup>

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

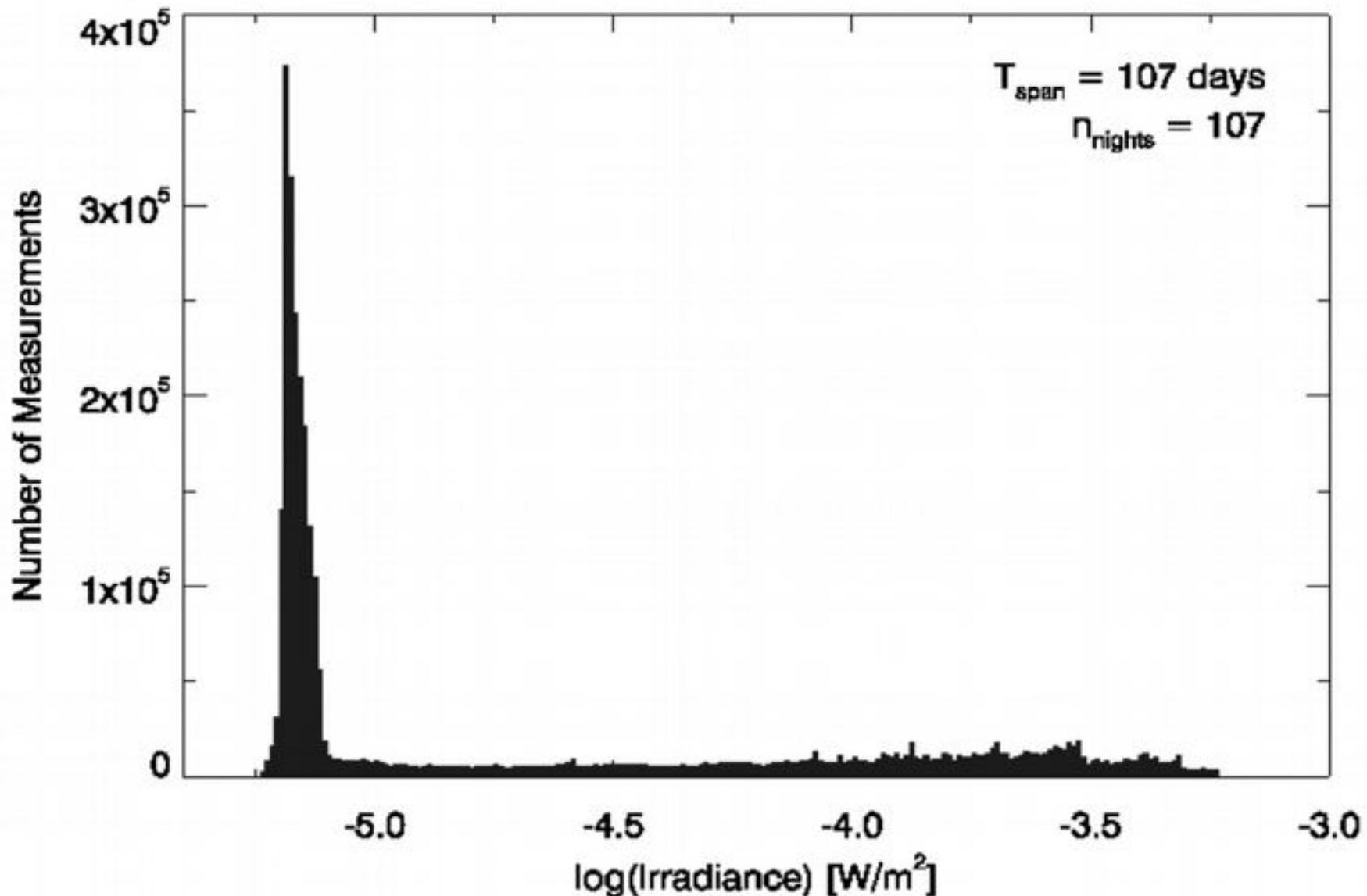


# Neuer Standort: Cerro Armazones Atacama- Wüste, Chile



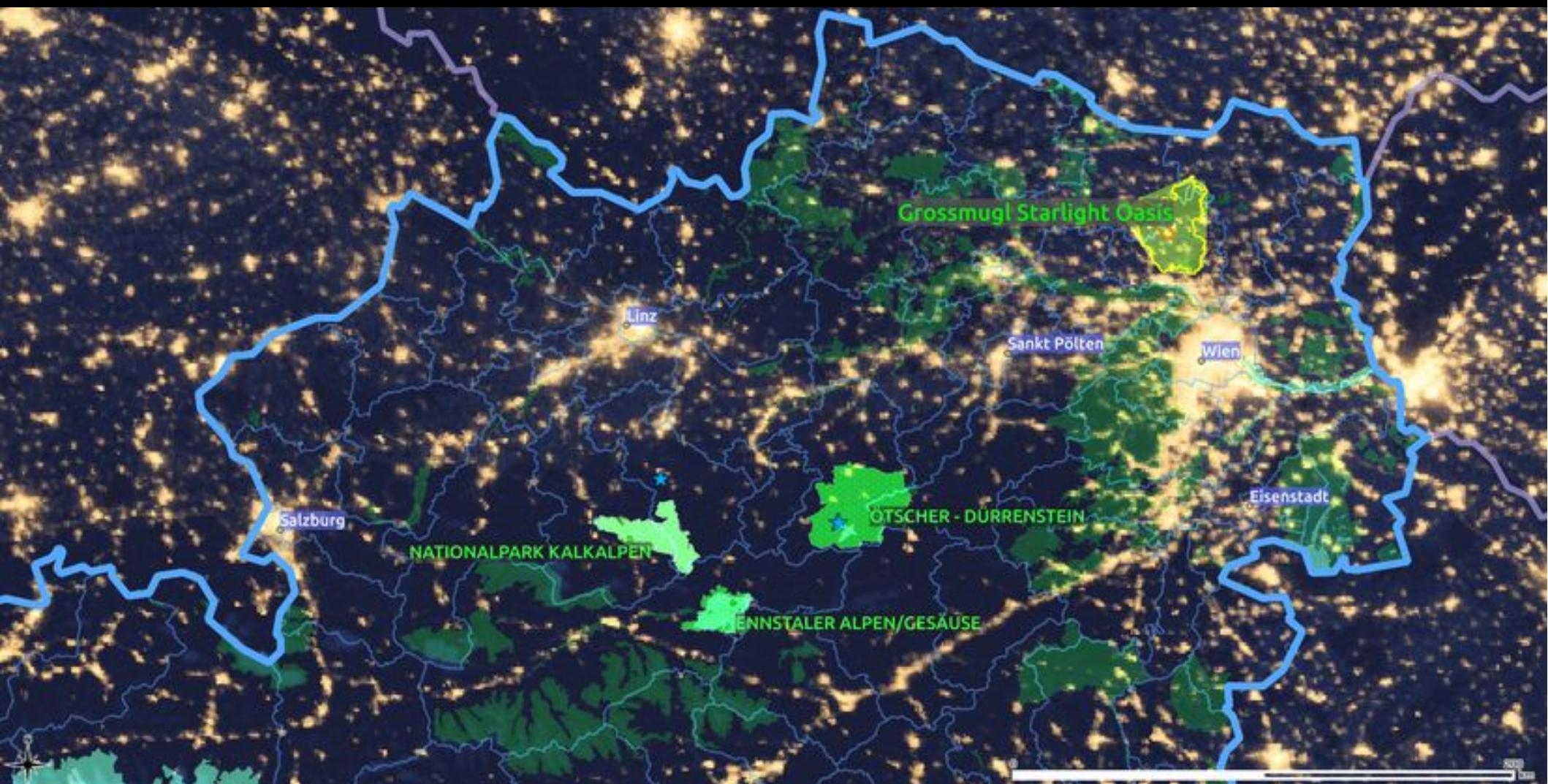
# Licht-Häufigkeit der Naturnacht

3 Monate, Cerro Armazones, Atacama-Wüste, Chile



# Mitteleuropa, Lichter 2012







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

# Wildnisgebiet Dürrenstein

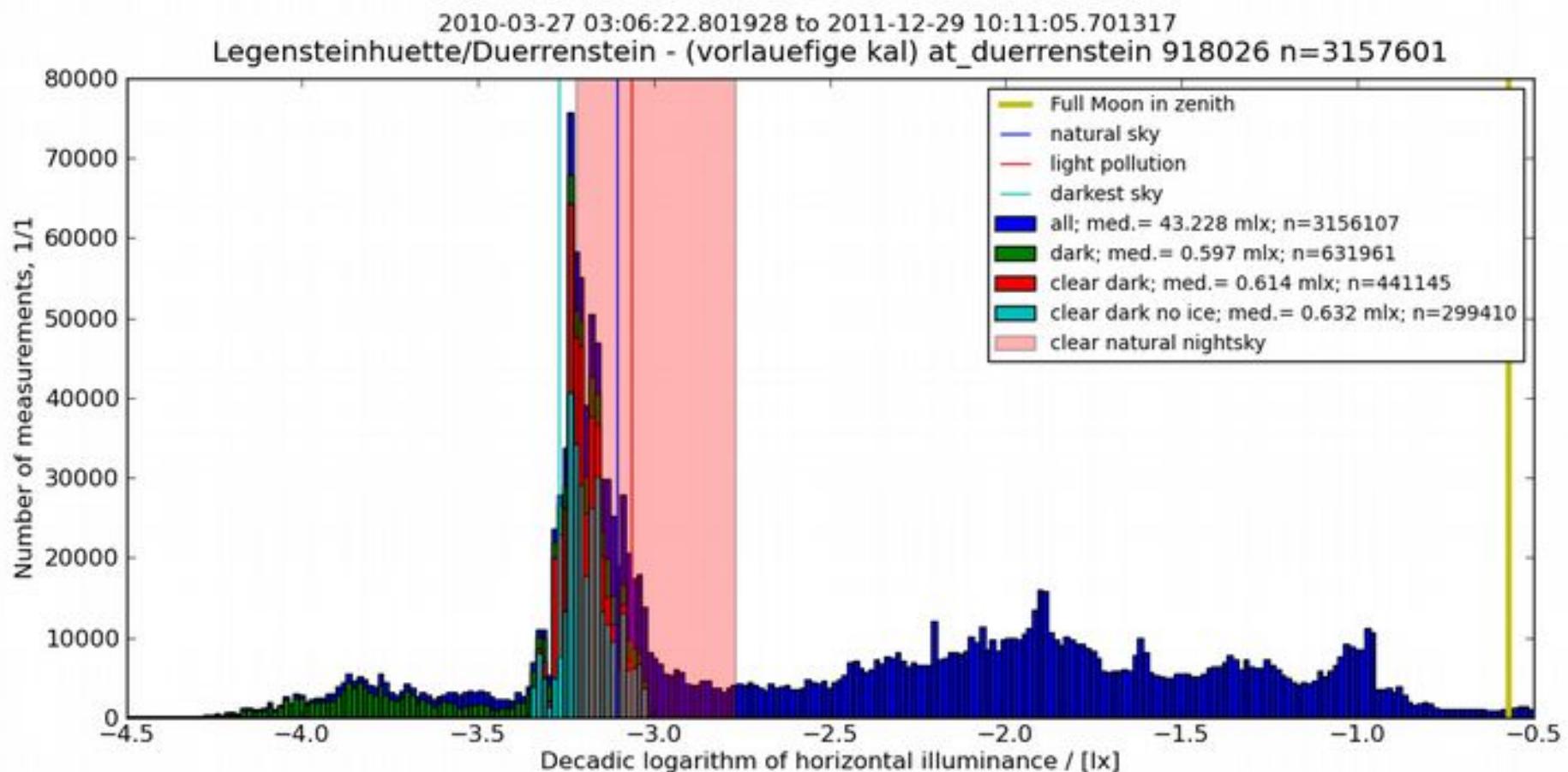
Letzter  
Primärwald der  
Alpen

Lightmeter  
Messstation  
Verein Kuffner-Sternwarte

1500 m



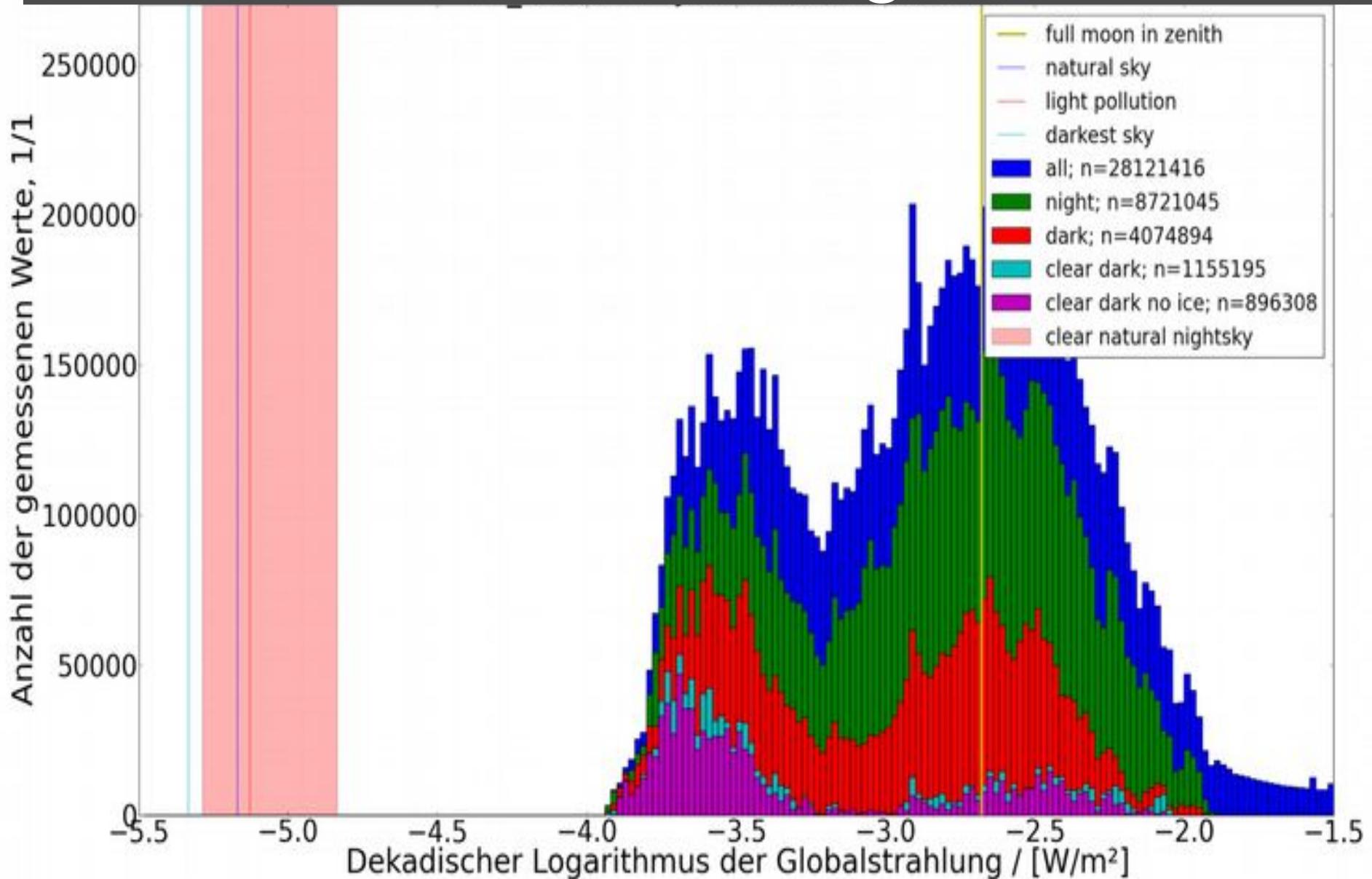
# Licht im Wildnisgebiet Dürrenstein 2011/2012





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

# Globalstrahlung Wien Zentrum Verteilung



# Licht über Wien

An aerial night photograph of Vienna, Austria, showing the city's layout and illuminated streets and buildings. The image is dark, with bright lights from the city infrastructure creating a grid-like pattern.

- 30 MW - Leistung
- 90 GWh pro Jahr - Energie
- 50000 t pro Jahr – CO<sub>2</sub> Äquivalent

# Teil 3: Entwicklung





Großmugl

# Lichtmessnetz Wien 2013

Verein kuffner-sternwarte.at + WUA

Klosterneuburg

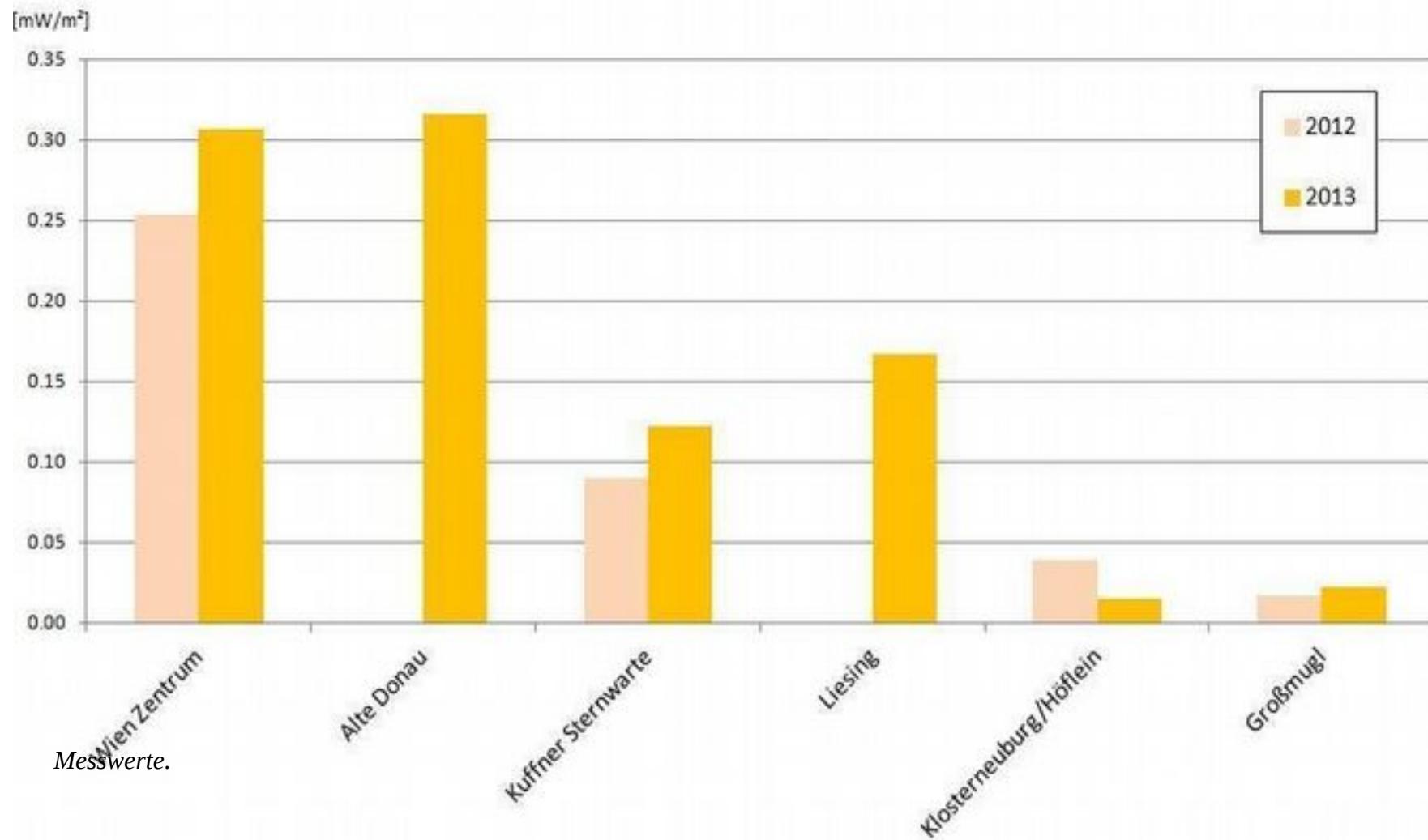
Alte Donau

Kuffner

Lebmin

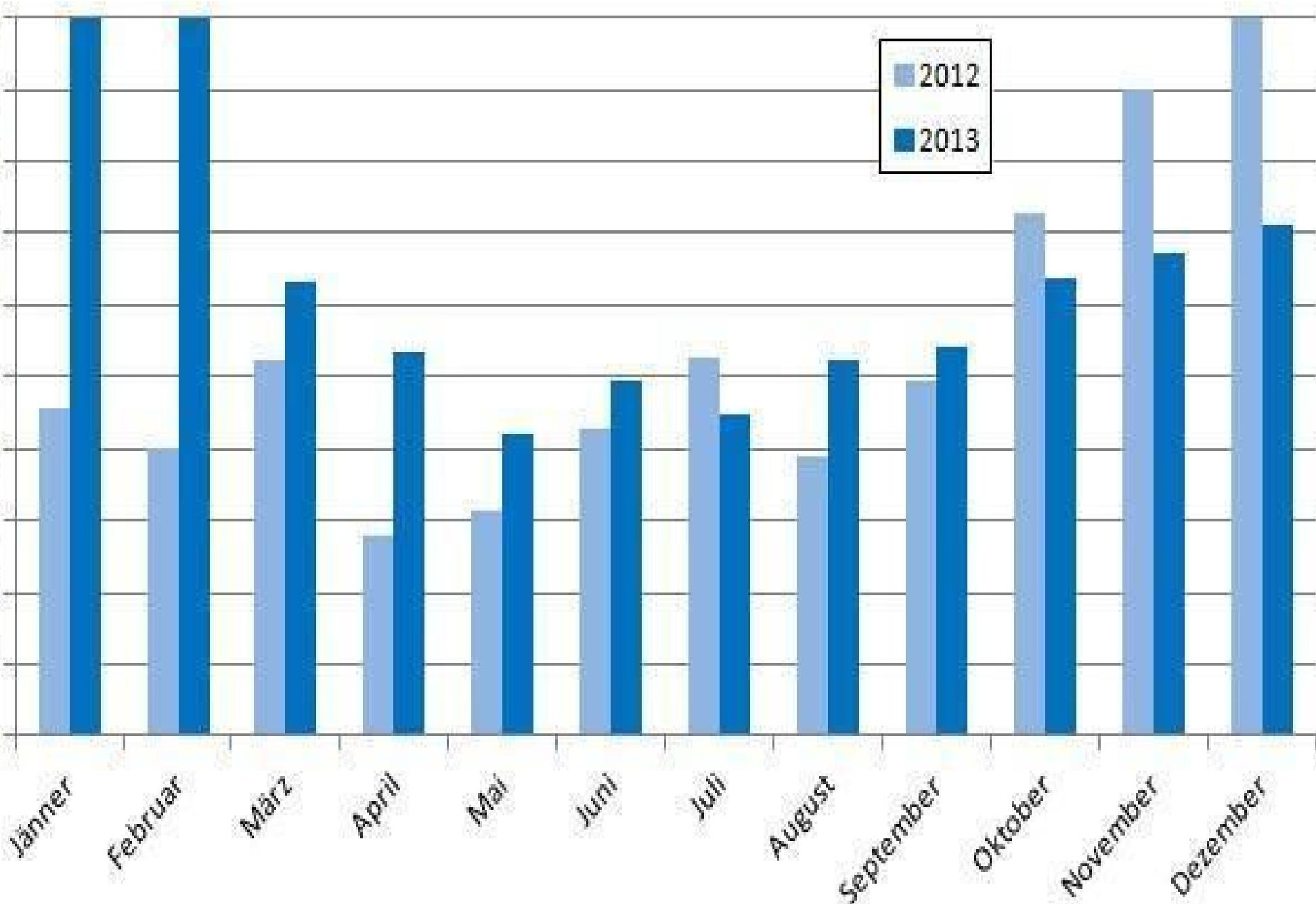
Liesing

### Vergleich der Jahresmediane 2012-2013



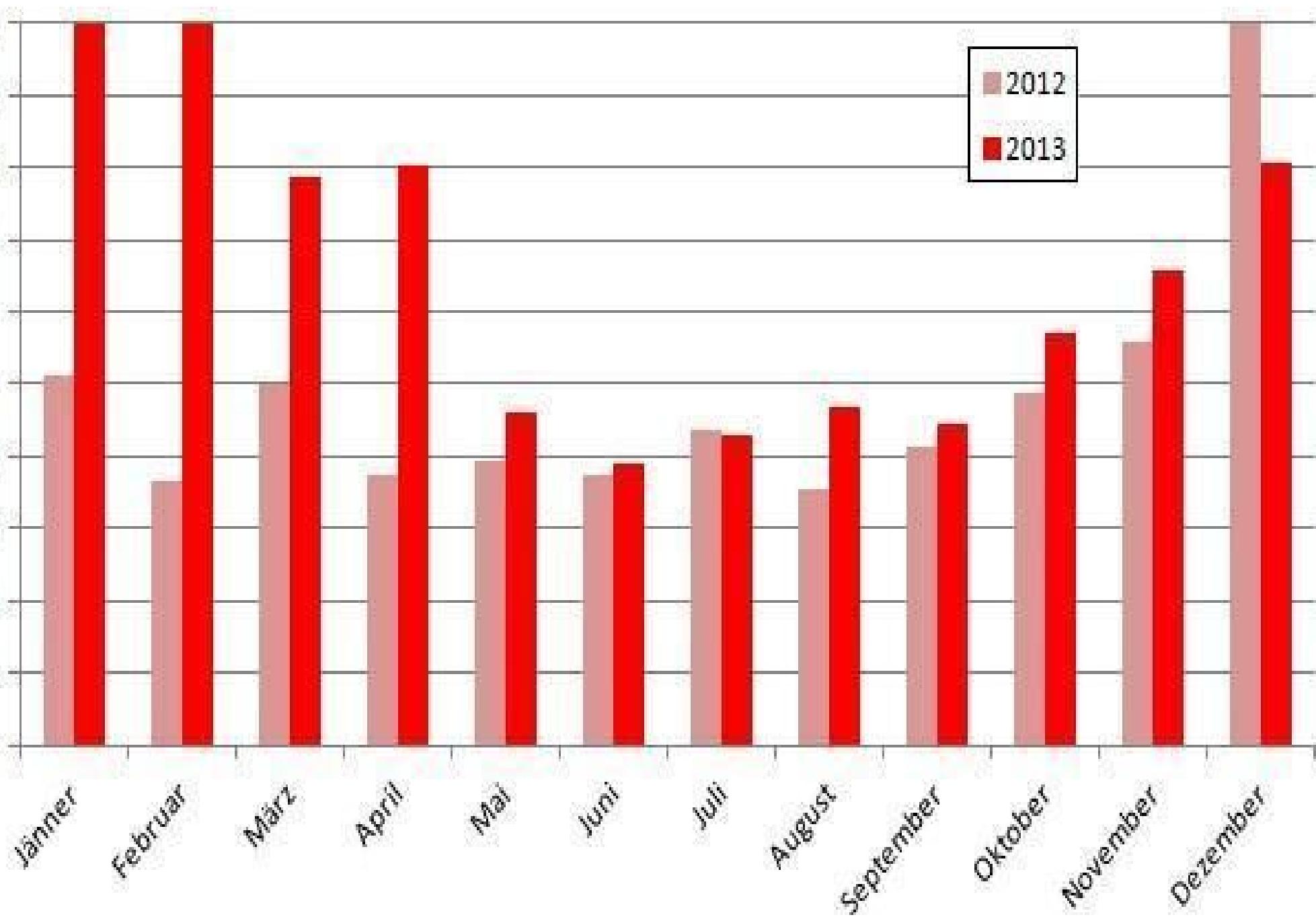
# Wien Zentrum 2012-2013

[mW/m<sup>2</sup>]



# Kuffner Sternwarte 2012-2013

[mW/m<sup>2</sup>]



# Licht über Wien: 2011 - 2013

An aerial night photograph of Vienna, Austria, showing the city's lights from space. The image captures the intricate network of streets and neighborhoods, with lights from buildings and street lamps creating a pattern of yellow and white against the dark sky. The city is densely packed, with lights visible in every direction, illustrating the scale of urban light pollution.

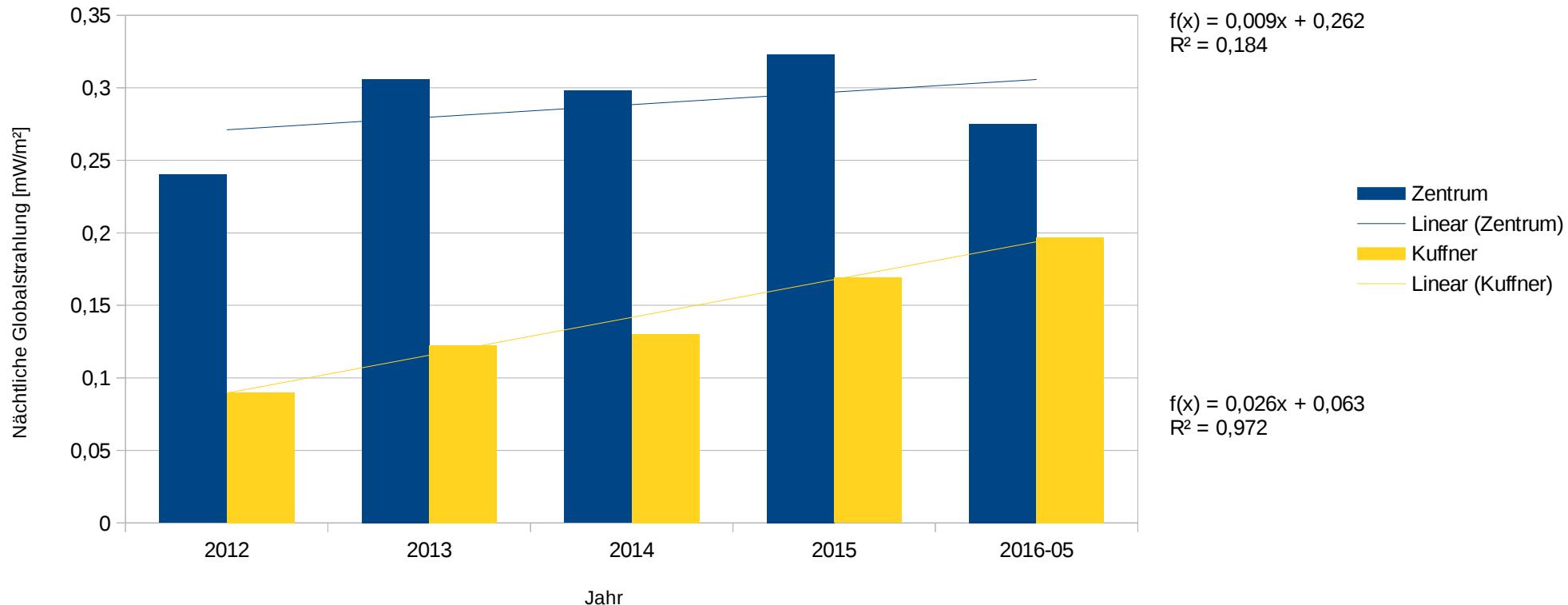
- 30 MW
- 100 GWh
- 50000 t CO<sub>2</sub>
- 10% Zuwachs 2013
- 2013 bestätigt 2012
- Astronauten-Bilder bestätigen “Himmelslicht”
- Licht über Wien I-III: [wua-wien.at](http://wua-wien.at)  
(Stadtökologie)

# Monitoring aktuell

Aktualisiert Juni 2016

## Licht über Wien

Jahresmedian, mondloser, klarer, frostfreier Nacht-Bedingungen



# Kuffner-Sternwarte bei Nacht Blickrichtung Zentrum



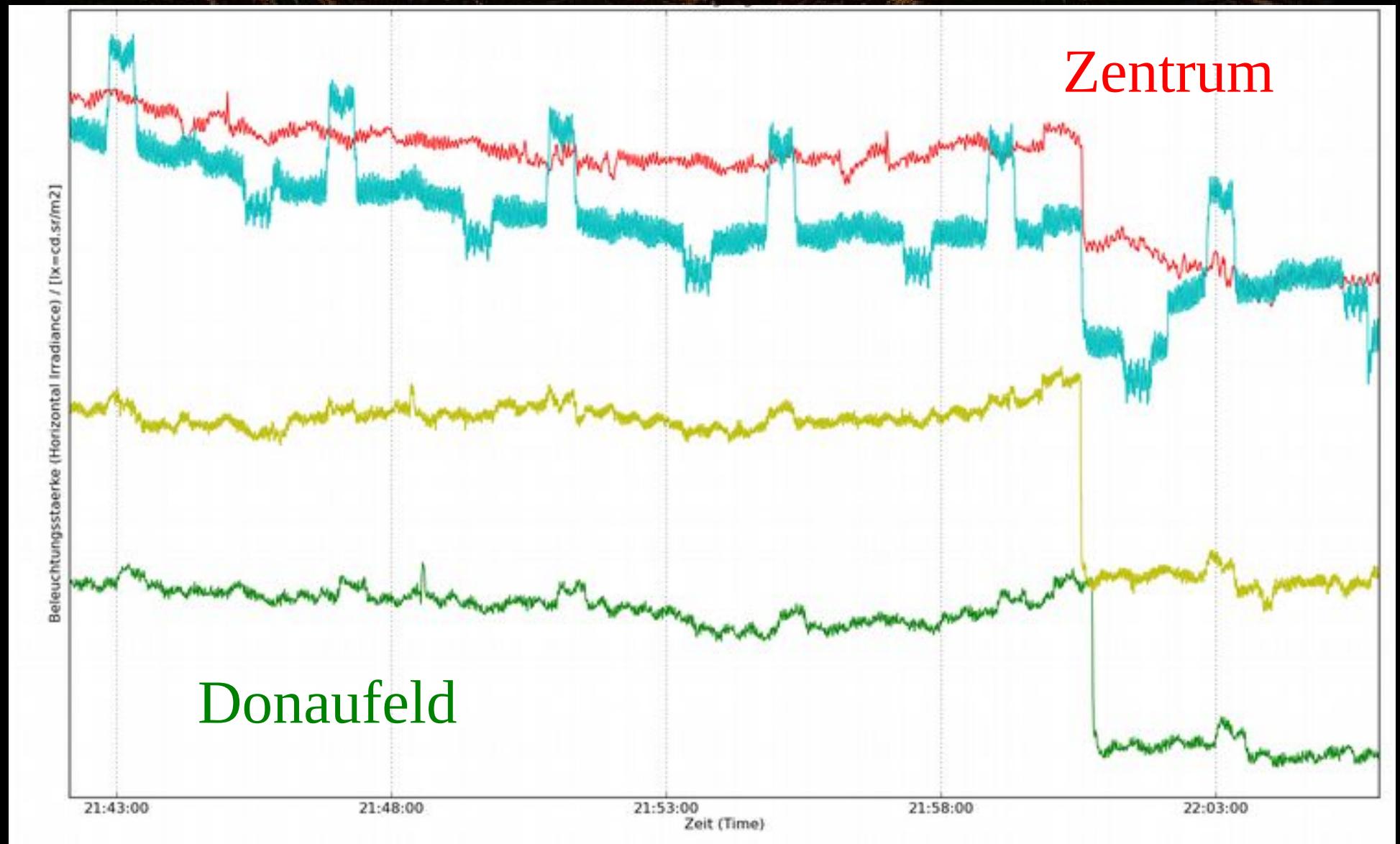
# Die Probe

Injectie von 140 000 W in die Wiener Lichtglocke



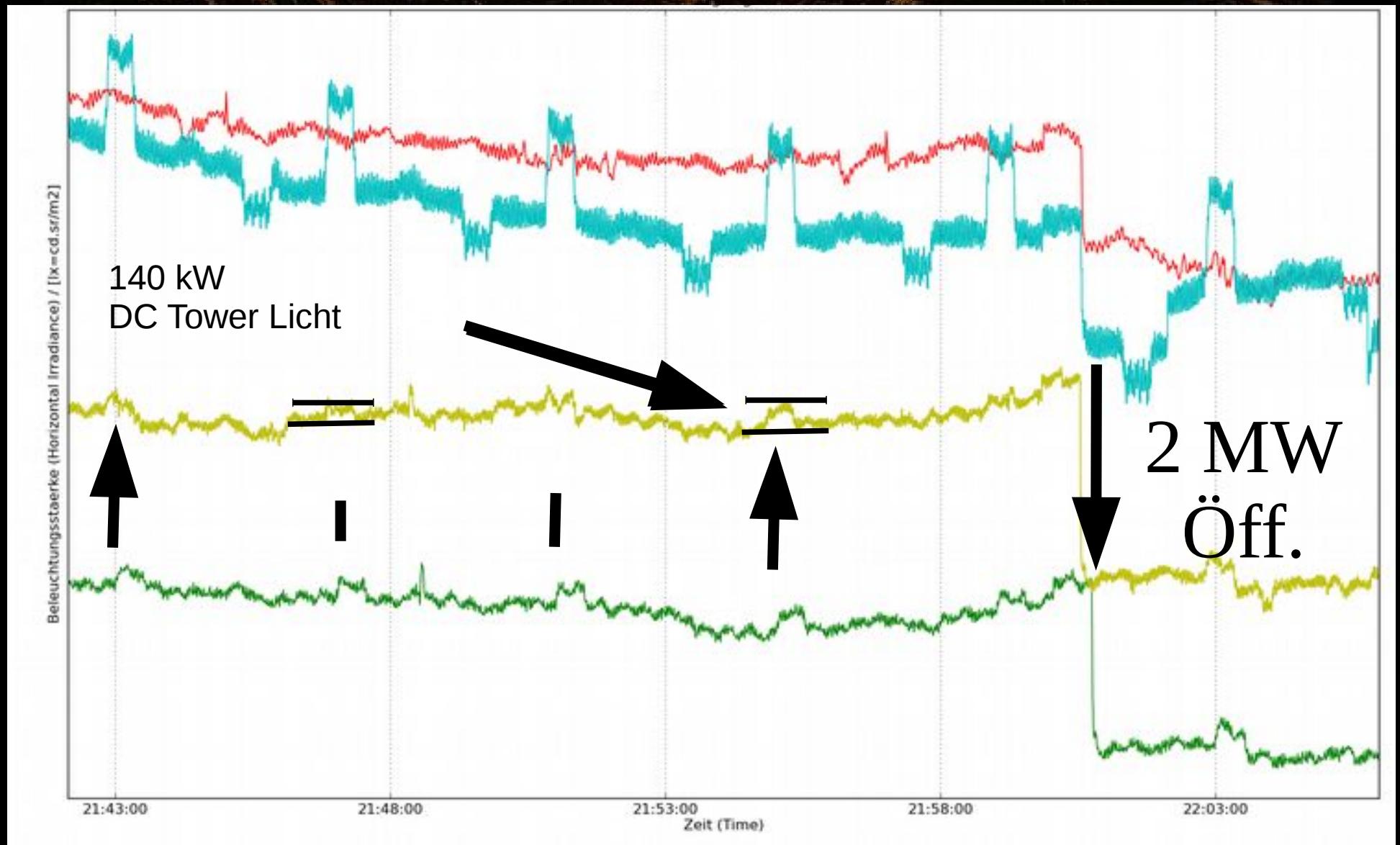
# Wiener Lichtmessnetz + DC Stationen

(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 Dritteln öffentlich  
==> „Himmelslicht“ zu zwei Dritteln „privat“

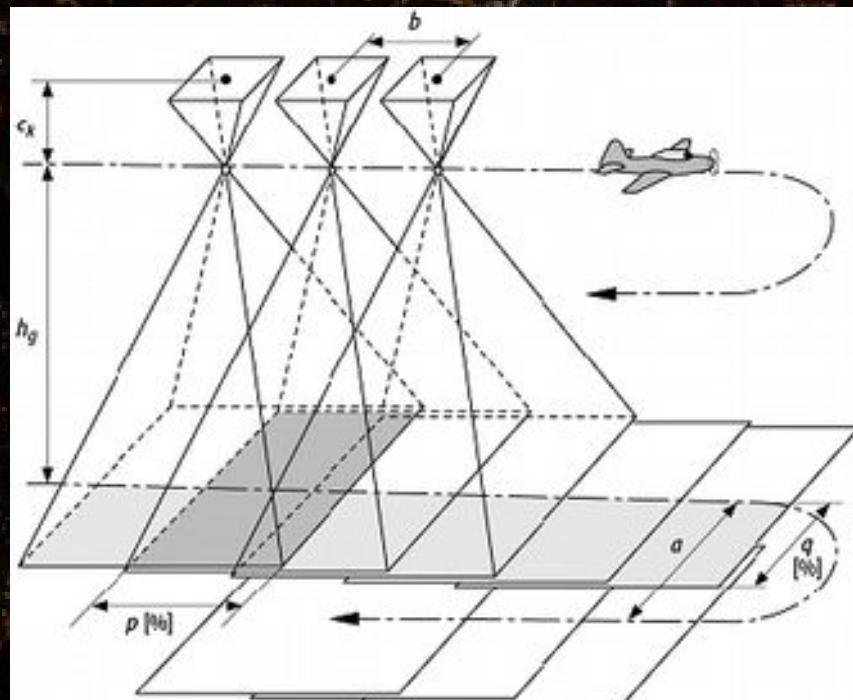


>90% an den Himmel, keine Halbschaltung,  
bei Messfahrt nicht erfassbar



# Flugkartierungen - Motivation

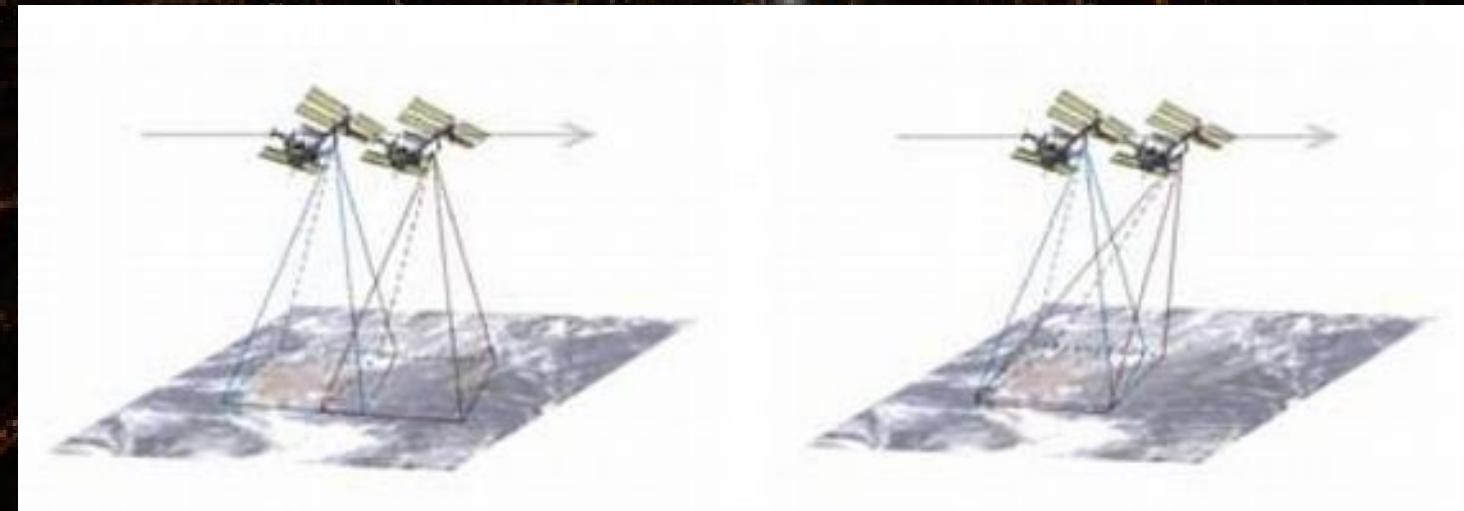
- Problem von Standard-Flügen - vorbei an Strahlern;
- Meiste Abstrahl-Richtungen nicht berücksichtigt;
- Aufnahmewinkel **senkrecht**;  
Atmosphärische Lichtstreuung / Umweltimpakt am wahrscheinlichsten **waagrecht**;



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

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

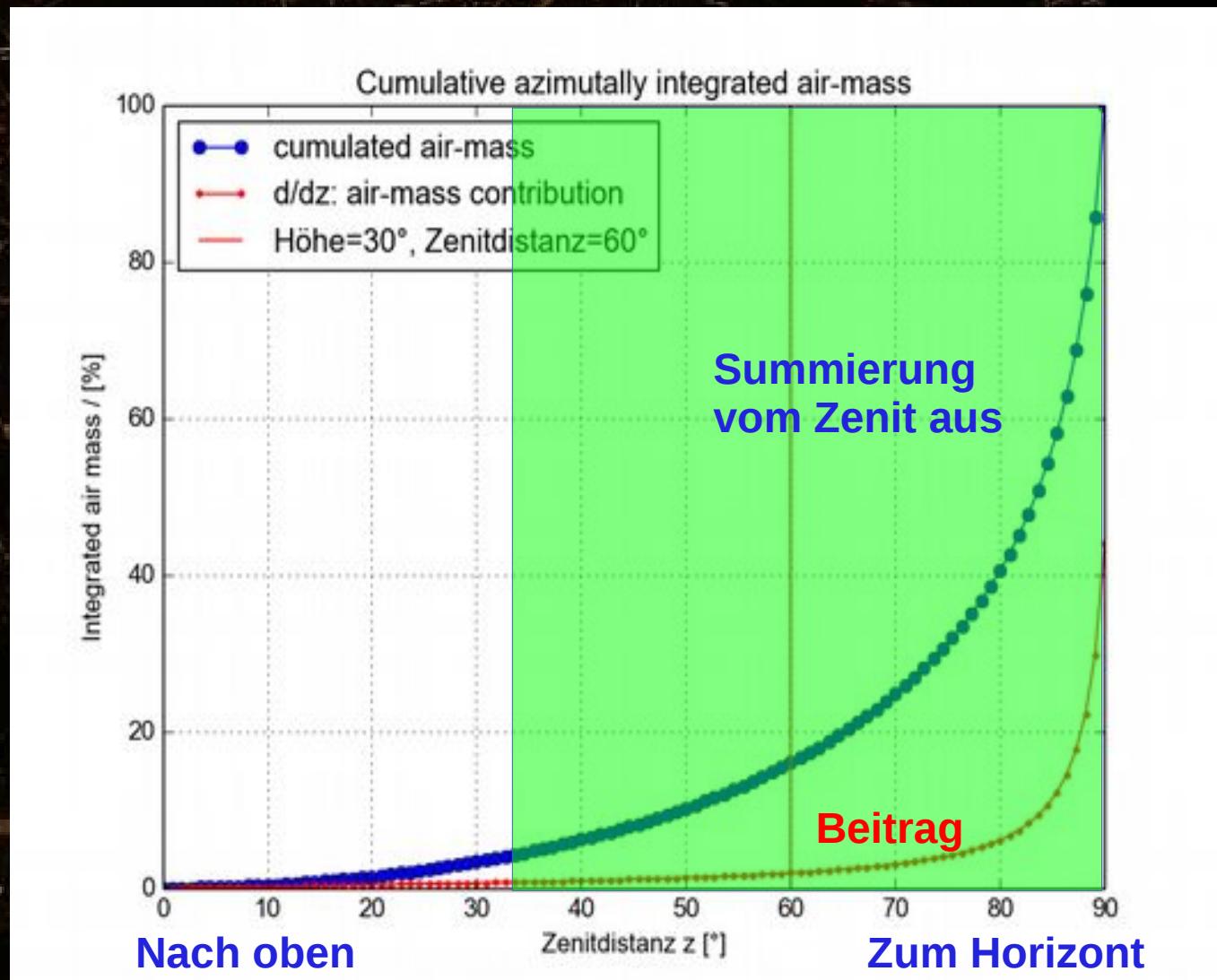
Immission  
Energie  
Effizienz

- 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

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



- 216 Richtungen
- 3888 Aufnahmen
- 2m Auflösung



Georeferenziertes  
Optimiertes  
Bild – Astronaut  
Andre Kuipers  
with ESA nightpod





Geflogene Route  
Bordnavigation  
Genauigkeit:  
 $<100\text{ m} \sim <1\%$   
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



Kamera MA 33

# Kuffner-Sternwarte – 2 neue Leuchten



# Kuffner-Sternwarte / Ottakringer Bad

Wien Johann Staud Straße 10



Kamera MA 39

# Beispiel 2 – Wien, Seestadt Aspern





Beinahe  
Full cutoff

Full cutoff

amera MA 33

# Farbbild einer Leuchtdichte-Kamera

MA 39 Pribitzer



# Leuchtdichte – simultan im Flug

MA 39 - Pribitzer

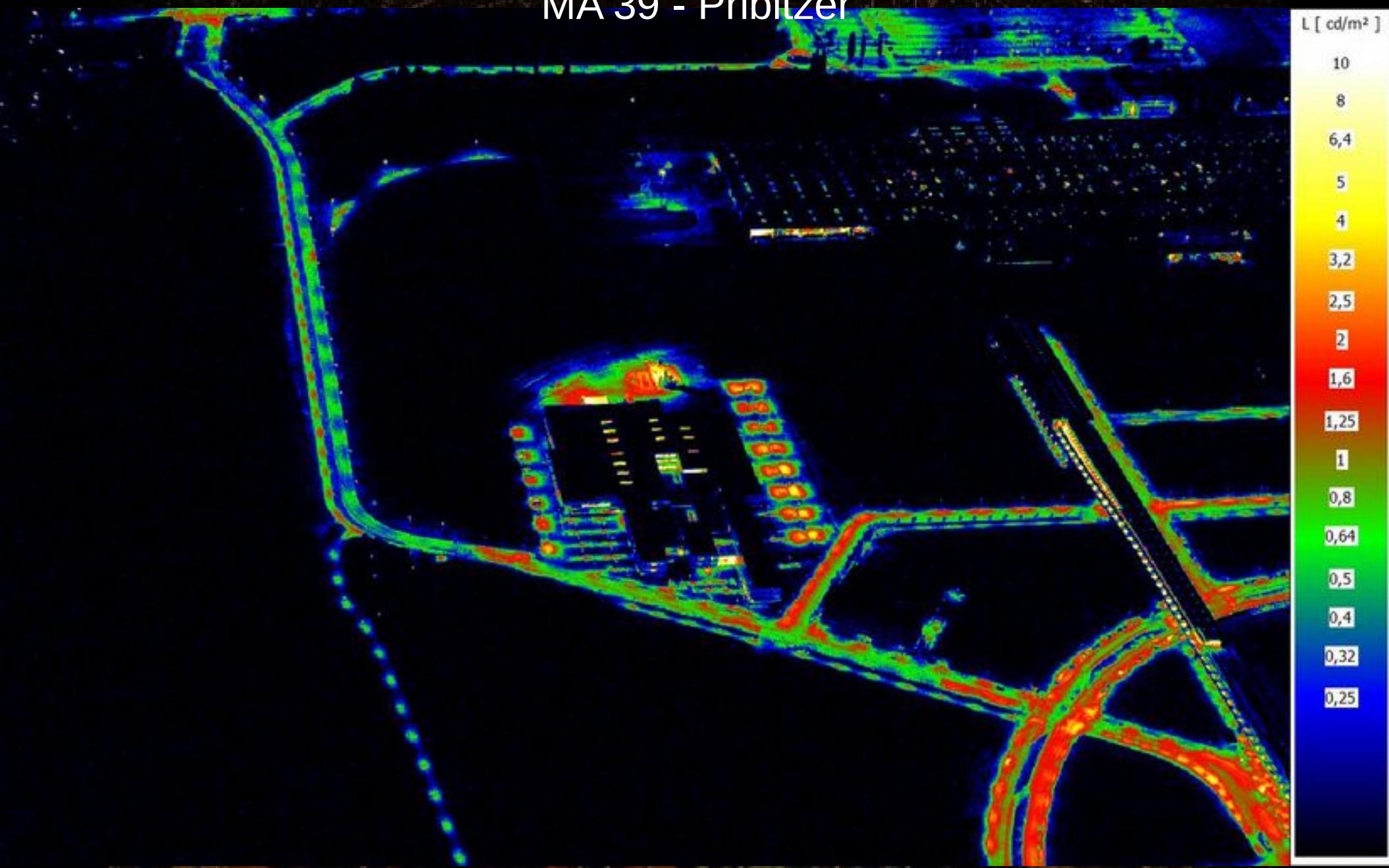
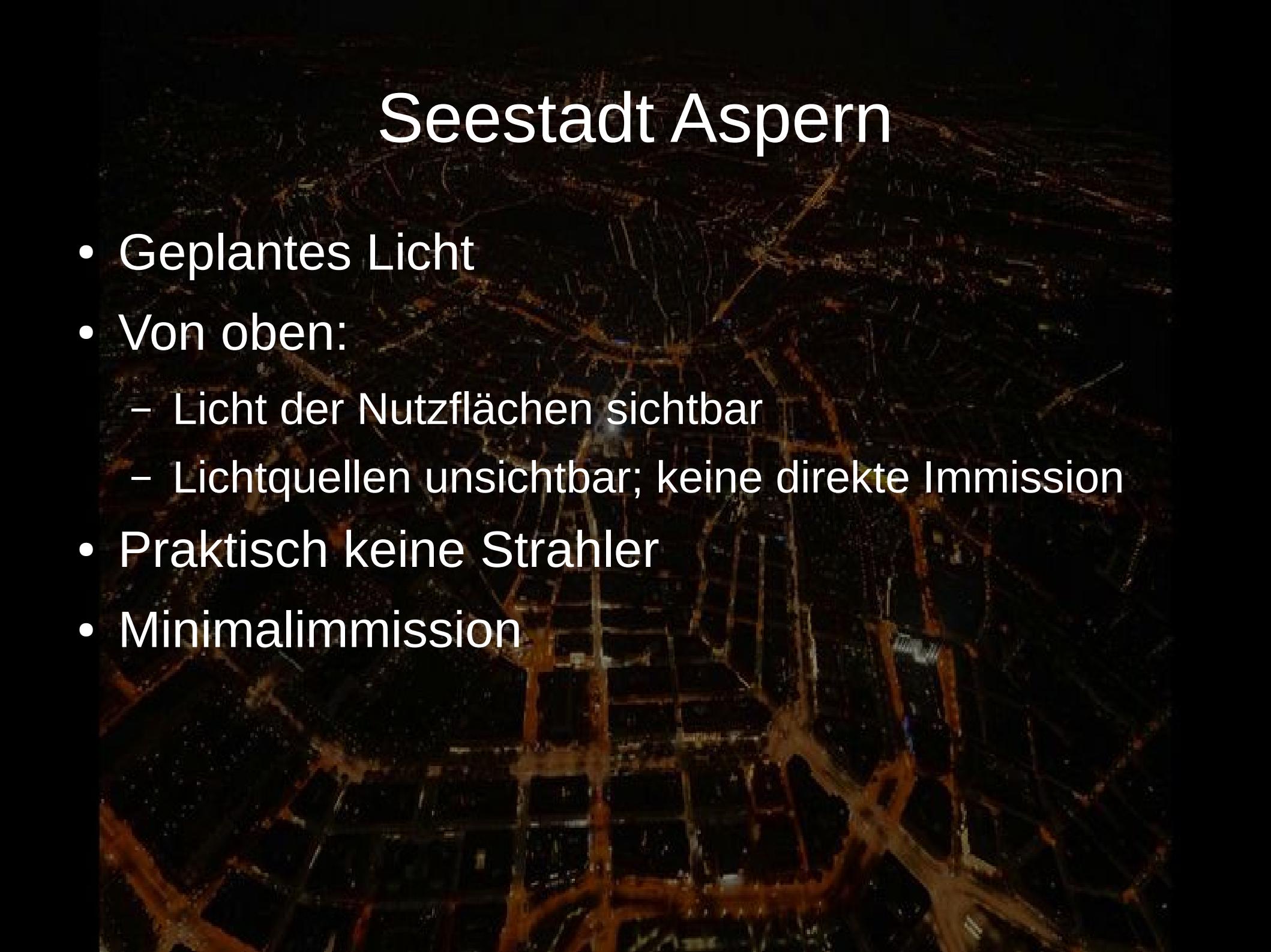




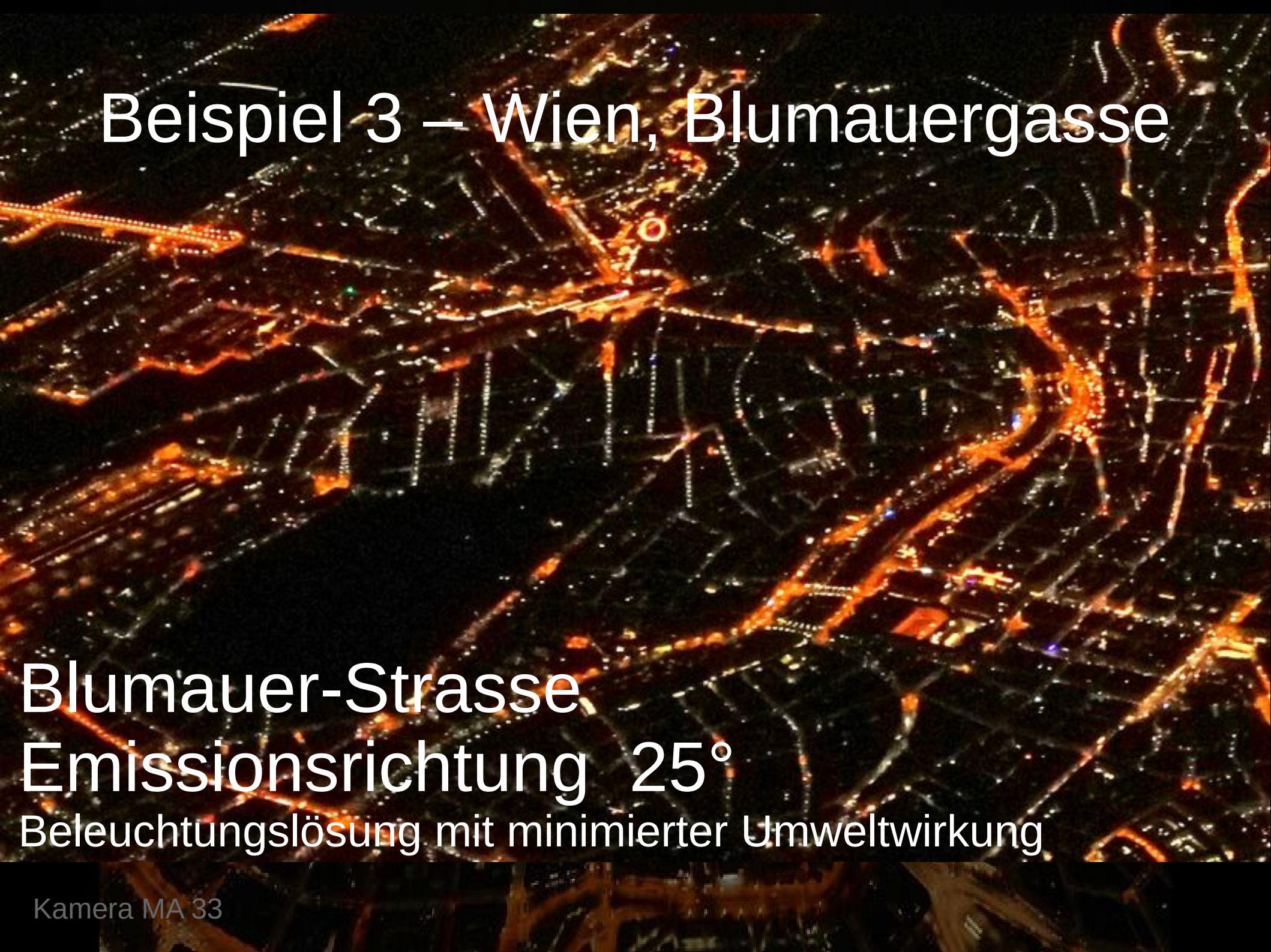
Bild MA 33

# Seestadt Aspern

An aerial photograph of the Seestadt Aspern residential complex at night. The image shows a dense grid of streets and buildings, with streetlights casting a warm, orange glow. The buildings are mostly dark, with some windows illuminated, creating a pattern of light and shadow against the night sky. The overall scene is a modern, planned urban area.

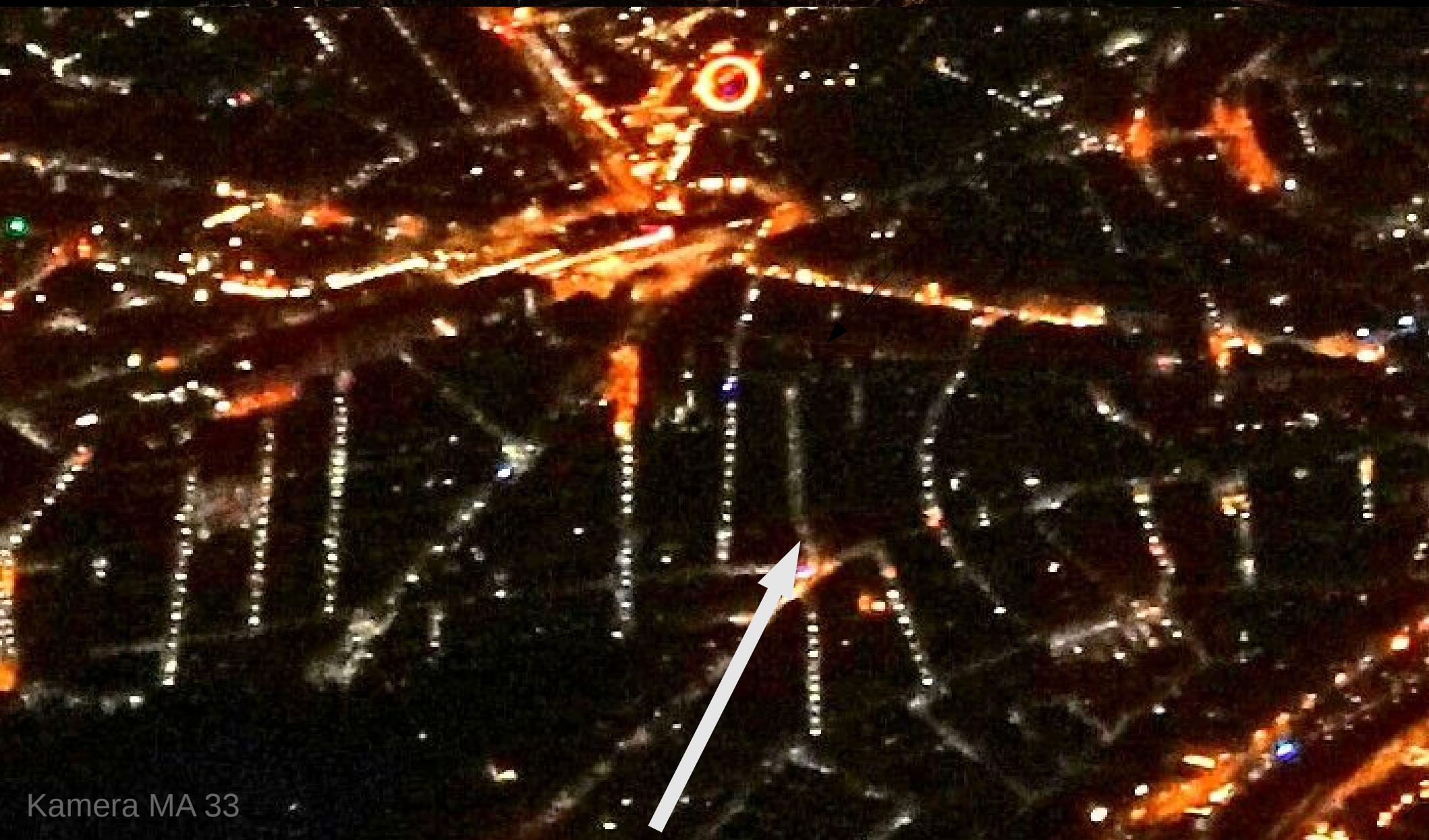
- Geplantes Licht
- Von oben:
  - Licht der Nutzflächen sichtbar
  - Lichtquellen unsichtbar; keine direkte Immission
- Praktisch keine Strahler
- Minimalimmission

# Beispiel 3 – Wien, Blumauergasse



Blumauer-Strasse  
Emissionsrichtung 25°  
Beleuchtungslösung mit minimierter Umweltwirkung

# Beispiel Blumauer Emissionsrichtung 25° über Horizont

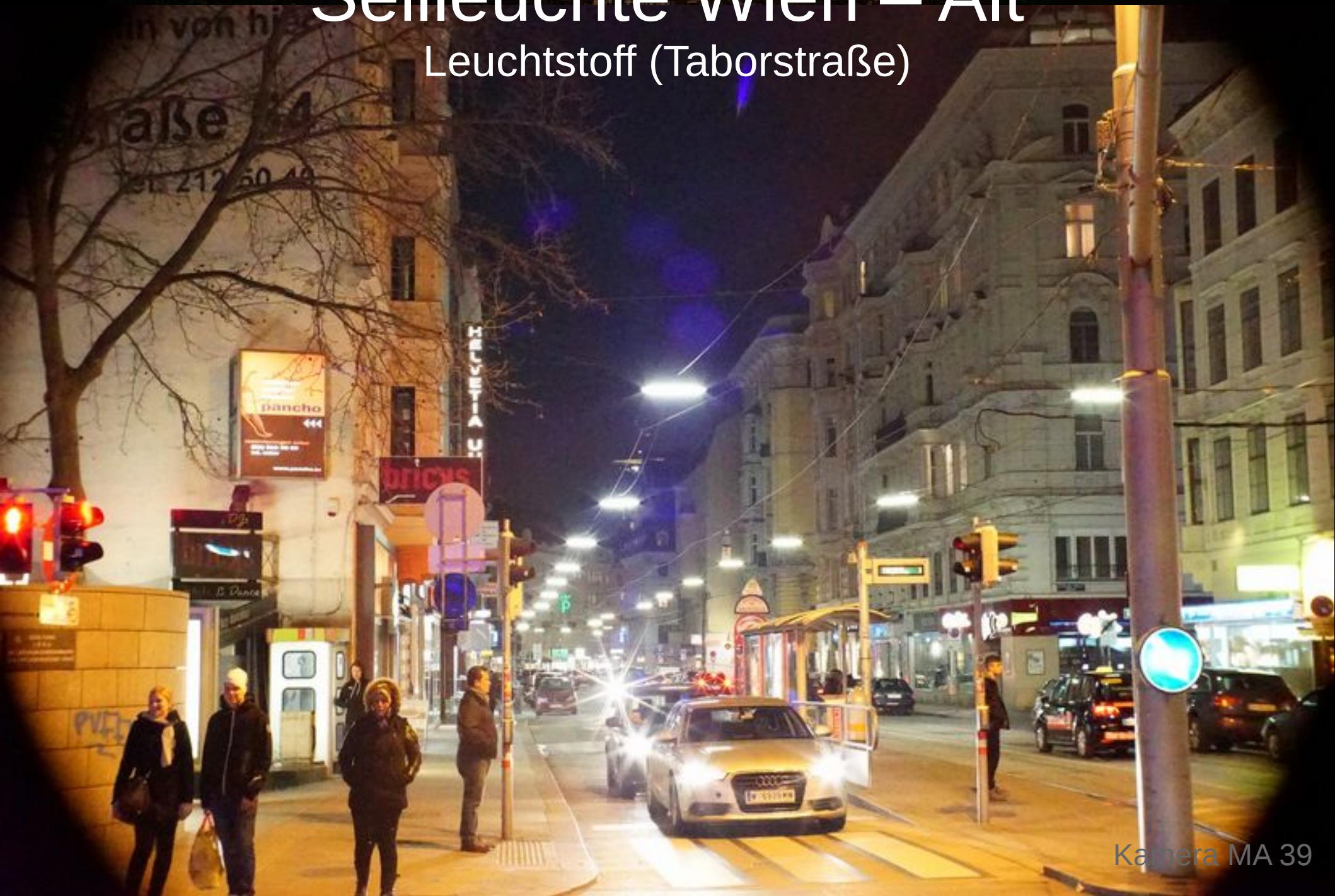


# Seilleuchte Wien Neu – LED

MA 33 FCO (Blumauergasse)



# Seilleuchte Wien – Alt Leuchtstoff (Taborstraße)



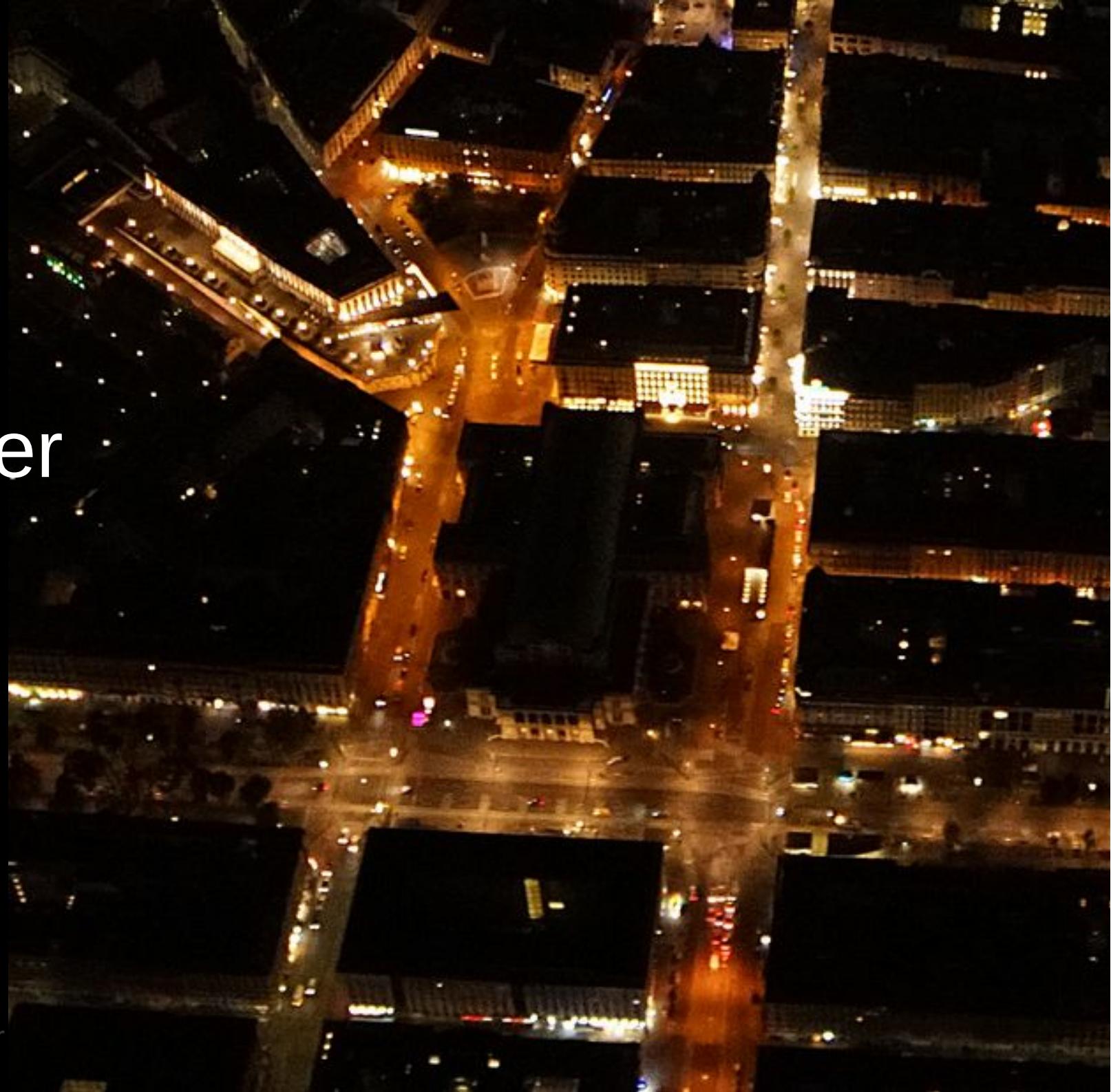
Naschmarkt  
Mariahilfer  
nach W



An aerial photograph of a city at night, showing a dense grid of streets. The streets are illuminated by streetlights, creating a pattern of bright lines against the dark night sky. The buildings are mostly dark, with some windows glowing with light.

Öffentliche Leuchtkörper?  
Wo?

Albertina  
Staatsoper  
1h34



# Die hellsten Hinauf-Lichter Wiens

An aerial night photograph of Vienna, Austria, showing the city's dense grid of streets and buildings. The image is dominated by deep black and deep orange colors, with streetlights and building facades providing the primary sources of light. The city's architecture, including numerous multi-story apartment buildings, is visible as dark silhouettes against the bright lights of the streets and plazas. The overall atmosphere is one of a vibrant, active city at night.

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

# 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  $2\pi$  sr

4,74 MW bei 100 lm/W

Top 50: 226 Mcd

1,4 Glm bei  $2\pi$  sr

14 MW bei 100 lm/W

Gesucht waren 10 bis 200 MW ...

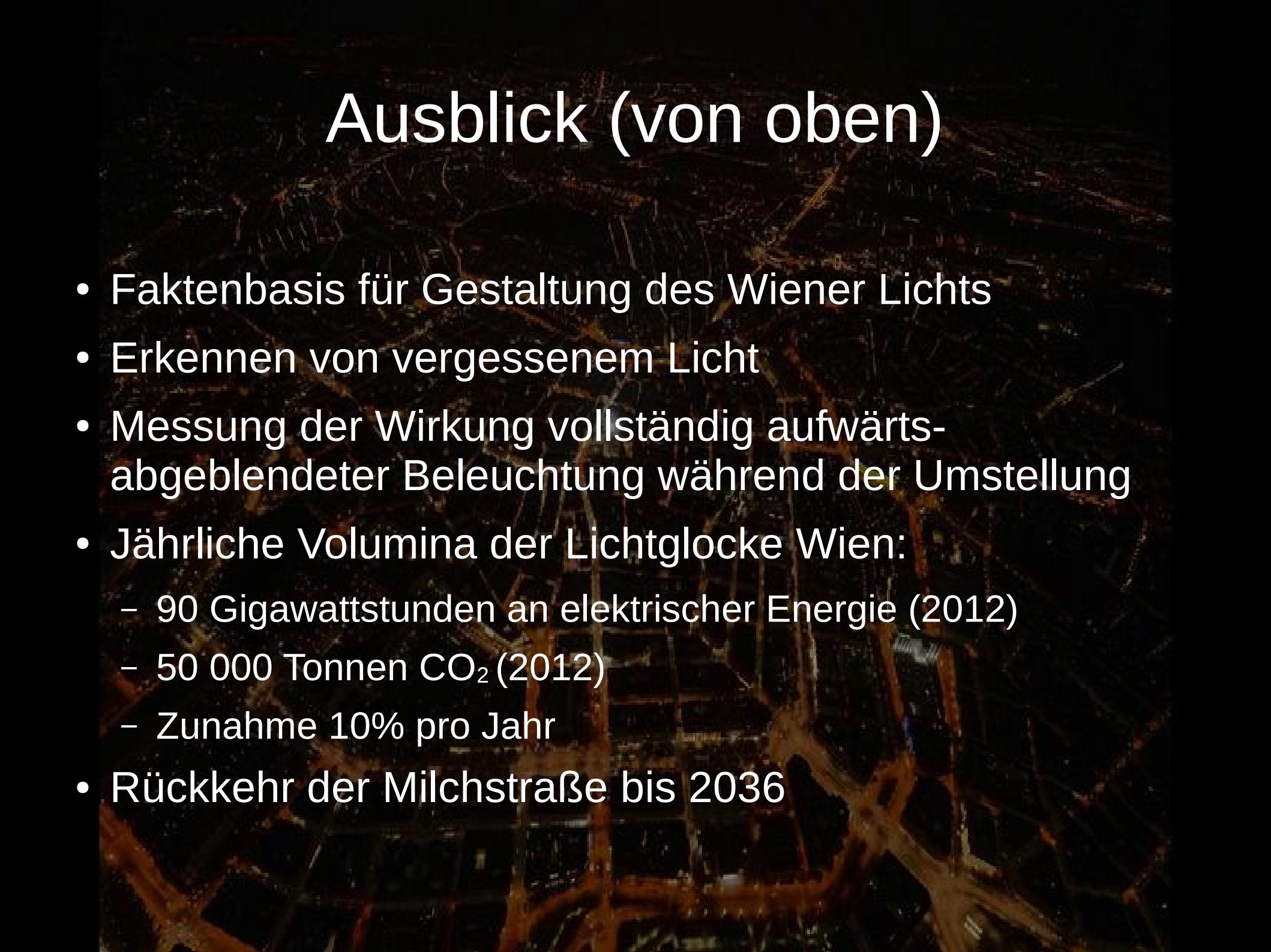
# Lichtflug Wien

- 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)

An aerial night photograph of a city street, showing the illuminated network of roads and buildings against a dark sky. The streetlights create a pattern of bright, glowing lines and points of light.

- 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 CO<sub>2</sub> (2012)
  - Zunahme 10% pro Jahr
- Rückkehr der Milchstraße bis 2036



Kamera MA 39



A wide-angle photograph of a dark night sky. The sky is filled with numerous small, white stars of varying brightness. There are also several larger, fainter star clusters and nebulae visible. The overall atmosphere is dark and mysterious, with the stars appearing as small points of light against the black background.

Markus Reithofer, Fenster zum All  
Legens einhütte, Wildnisgebiet Dürrenstein  
2011-09-30

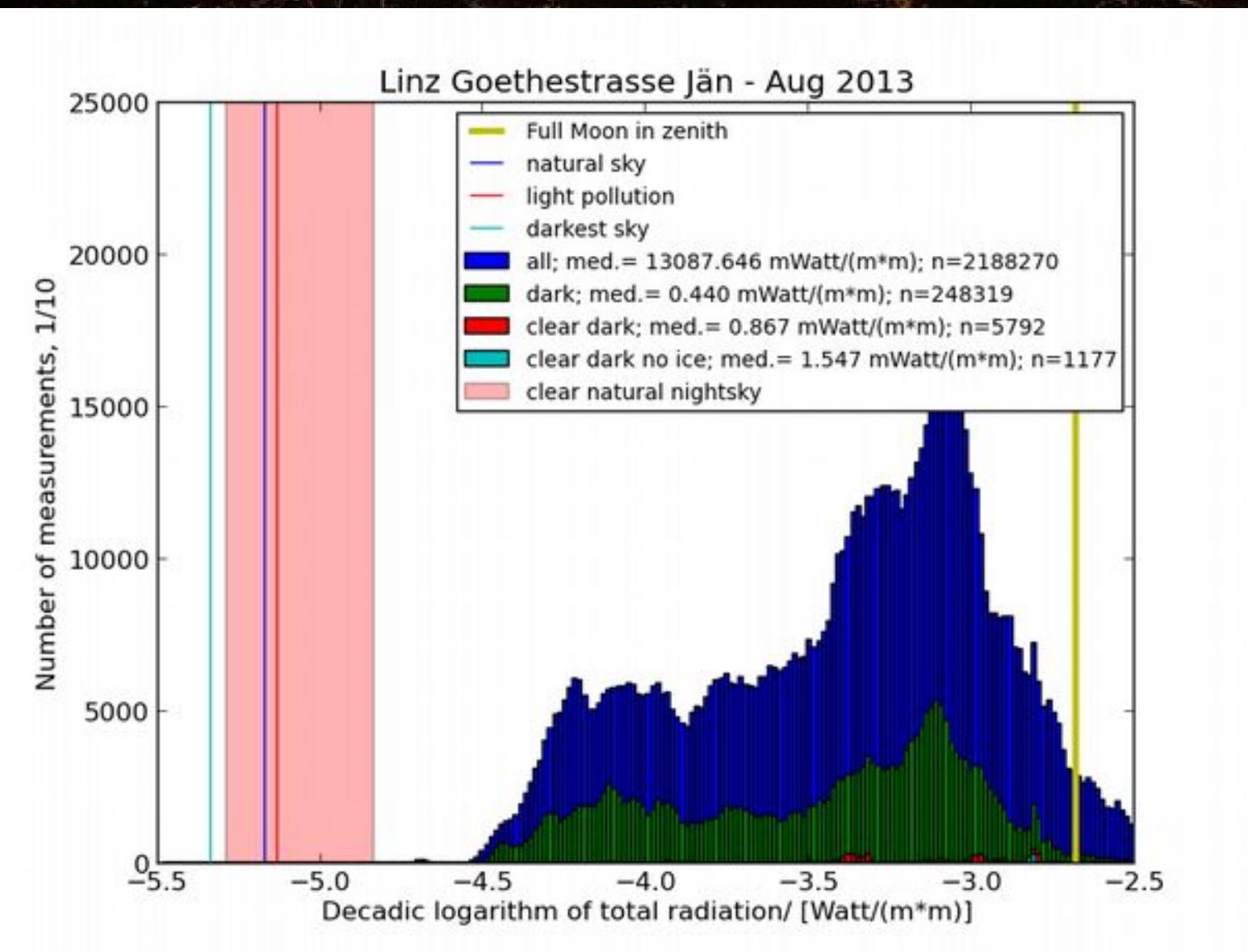
# Nächtliche Vogelperspektiven

- 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/m<sup>2</sup>
- Kepler-Sternwarte: 3 km 0,16 mW/m<sup>2</sup>
- Rexham: 21 km 0,03 mW/m<sup>2</sup>
- Nachthimmel: 0,006 mW/m<sup>2</sup>

# Energiestrom der Linzer Lichtglocke vorläufig und mit Wiener Quellenverteilung

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