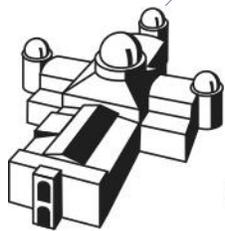


LANGZEITMESSUNGEN DER NACHTHIMMELSHELLIGKEIT UND MÖGLICHKEITEN FÜR NACHTHIMMELS-SCHUTZGEBIETE IN OBERÖSTERREICH

Berichtsversion vom 31.10.2017



institut für
astrophysik

UNIVERSITÄTSSTERNWARTE WIEN

AUTOREN

Projektleitung und Endredaktion:
Posch, Thomas, DDr. Priv.-Doz.¹

Autoren:
Binder, Franz und Posch, Thomas¹
(verantwortlich für den ersten Teil: „Langzeitmessungen der Nachthimmelshelligkeit“ =
Kapitel 1-4)

Wuchterl, Günther, Dr.²
(verantwortlich für den zweiten Teil: „Öffentlicher Zugang zu naturnaher Nacht“ =
Kapitel 5-9)

Erstellung der Jahresdarstellungen der Himmelshelligkeit und der gemittelten kumulativen
Darstellungen:
Puschnig, Johannes, MSc

Mitwirkung bei der Textredaktion:
Wallner, Stefan, MSc

1 Universitätssternwarte, Institut für Astrophysik, Türkenschanzstraße 17, 1180 Wien
2 Kuffner-Sternwarte, Johann Staud-Straße , 1160 Wien

INHALT

1 Zusammenfassung	5
<u>Langzeitmessungen der Nachthimmelshelligkeit</u>	
2 Standorte und Datengewinnung	8
3 Datenreduktion	13
4 Auswertung und ausgewählte Ergebnisse	15
4.1 Wertebereiche der Nachthimmelshelligkeit und Typologie von Standorten	15
4.2 Mondzyklen in Stadt und Land	18
4.3 Saisonale Trends	19
4.4 Langfrist-Trends	22
4.5 Einfluss der Bewölkung	23
4.6 Gemittelte kumulative Darstellung	26
4.7 Jahres-Darstellungen	27
4.8 Korrelation zwischen Luftverschmutzung und Lichtverschmutzung	28
4.9 Bestimmung der Lichtverschmutzung durch All-Sky-Aufnahmen	30
<u>Öffentlicher Zugang zu naturnaher Nacht („Sternparks“ bzw. Nachthimmelsreservate)</u>	
5 Zusammenfassung für Entscheidungsverfahren	33
5.1 Aufgabenstellung	34
5.2 Warum brauchen wir Bewahrungsorte der Nacht?	34
6 Nachtlicht in Oberösterreich	35
6.1 Übersicht über die Aufhellung des Nachthimmels in Oberösterreich	36
6.2 Nachtlicht-Regionen in Oberösterreich	38
7 Nacht-Zertifikationen	39
7.1 Kriterien für die Zertifikation	39
7.2 Zertifikate	40
7.2.1 “Dark Sky Places” - Orte dunklen Himmels gemäß der IDA	42
7.2.2 Sternlicht Gebiete der Starlight Initiative	47
7.2.3 “Villes et Villages Étoilés” – Bestirnte Städte und Dörfer	52
7.2.4 “Dark-Sky Site Designations” – Royal Astronomical Society of Canada	53
7.2.5 Vertrags-Sternlichtgebiete (Selbstverpflichtungen von Anrainern)	59
8 Umsetzungsmöglichkeiten für Oberösterreich	60
8.1 Umsetzungsaufwand	60
8.2 Realisierungsempfehlungen	61
9 Schlussbemerkungen	63

1| Zusammenfassung

Der Datensatz des oberösterreichischen Lichtmessnetzes hat sich als hervorragende Quelle zur Erforschung des Nachthimmels über Oberösterreich erwiesen. Es zeigt eine gute Abdeckung hinsichtlich verschiedener Lichtverschmutzungs-Grade und hinsichtlich ihrer räumlichen Aufteilung. Die 23 Stationen konnten eine Vielzahl an unterschiedlichen Bedingungen erfassen, die von sehr starker Lichtverschmutzung im Zentrum von Linz bis zu naturbelassenem Himmel wie etwa in Krippenstein reichen. So konnte im Zuge dieser Arbeit gezeigt werden, dass es in Oberösterreich noch Nachthimmel gibt, die den strengsten Kriterien für „Dark Sky Parks“ auf internationaler Ebene genügen. Diese Gebiete bieten ein einzigartiges Kulturgut für die Menschheit und sollte deshalb unbedingt geschützt werden.

Hier vorweg einige Erkenntnisse, die sich aus dem oberösterreichischen Lichtmessnetz bisher ergeben haben:

- **Es gibt in Oberösterreich noch Gebiete, in denen der Nachthimmel naturbelassen ist (insbesondere: alpine Regionen im Süden des Landes, z.B. Umgebung des Krippenstein).**
- Das an den Wolken zurückgestreute, künstliche Licht ist der Hauptverursacher der saisonalen Variation der Nachthimmelshelligkeit in besiedelten Gebieten. Dem entspricht ein Verschwinden des circalunaren Rhythmus an sämtlichen untersuchten urbanen Standorten.
- **Die von uns untersuchten Langzeittrends (Zeitskala 1-2 Jahre) zeigen bislang keine signifikante Zu- oder Abnahme der gemessenen Nachthimmelshelligkeit.**
- **Der Unterschied zwischen der Nachthimmelshelligkeit bei Voll- und bei Neumond wird umso kleiner, je mehr Menschen in einem Gebiet wohnen, d.h. je größer die Lichtverschmutzung ist (siehe Abb. 8).**
- **Das SQM hat sich als zuverlässiges Instrument zur Untersuchung der Nachthimmelshelligkeit erwiesen. Dies ergibt sich unter anderem aus der guten Übereinstimmung der Messungen mit dem neuen Weltatlas der Lichtverschmutzung.**
- Wolken tragen in entlegenen Gebieten zu einer Verdunkelung des Nachthimmels bei, während sie in besiedelten Gebieten erhellend wirken.
- **Es besteht eine Korrelation zwischen der Nachthimmelshelligkeit und der lokalen Feinstaubkonzentration.**

Einige für die Errichtung von Nachthimmels-Schutzgebieten relevante Ergebnisse:

- Es gibt verschiedene „Klassen“ von Schutzgebieten, die unterschiedliche Anforderungen stellen.
- **Die Zertifikate der IDA (International Dark Sky Association) erfordern neben entsprechenden Verordnungen und Management-Plänen, sowie Leuchtenverzeichnissen auch eine Umrüstung auf regelkonforme (z.B. vollständig abgeschirmte) Leuchten, die innerhalb von 5 Jahren zu mehr als zwei Drittel vollständig sein muss.**
- **In Oberösterreich besteht die große Chance, aus einer Kombination von herausragenden natürlichen Ressourcen und einer einzigartigen Tourismusinfrastruktur und -kompetenz eine international wegweisende Vorreiterrolle zu spielen, da aus der Perspektive des Autors die touristische Umsetzung des Themas nirgends an österreichische Standards, etwa im Bereich des Alpin-Tourismus, mit dem Beispiel der Bergsteigerdörfer heranreicht.**
- **Alleine in Deutschland sind offenbar mehr Parks in der Planungsphase als weltweit vor dem Jahr der Astronomie 2009 vorhanden waren.**
- **Der Himmel an einigen Stellen in Oberösterreich ist für Nicht-Experten praktisch ununterscheidbar von den Bedingungen der besten Plätze der Welt.**
- **Es bestehen verschiedene Optionen zu Errichtung von Schutzgebieten.**
- **Aufwand bzw. Voraussetzungen für Nachthimmels-Schutzgebiete:**
 - a) Ein regelmäßiges **Messprogramm für den Nachthimmelszustand**. Dieses kann bei passender Strategie und für alle Zertifizierungsprogramme größtenteils durch das bereits bestehende Landesmessnetz und eine Handvoll von Einzelaufnahmen pro km² erfüllt werden.
 - b) Für die betroffenen Gebiete: **Erstellung eines Leuchtenkatalogs und die Umsetzung einer umweltfreundlichen Beleuchtung** (mäßige Beleuchtungsstärke, Vollabschirmung, Blaulichtvermeidung). Das ist der eindeutig größte Aufwand, da er die Kontrolle der Ursache der Himmelsaufhellung selbst, das Kunstlicht im Außenraum betrifft. Je nach Zertifizierung reicht der Aufwand von der Komplettumstellung oder der Umstellung des überwiegenden Anteils des Lichts innerhalb von 5 Jahren unter de facto professioneller Planung (IDA) bis zu einer Erfassung des Zustandes im Gemeindegebiet per Fragebogen („bestirnte Dörfer“ der französischen ANCPEN). Einen wesentlichen Aufwandsfaktor liefert der Leuchtenbestand selbst: in praktisch beleuchtungsfreien (etwa hochalpinen) Gebieten ist der Aufwand minimal.
 - c) Die **Erstellung eines Parkmanagements-, Veranstaltungs- und Bildungsplans,**

sowie die Implementierung entsprechender Programme – ein unterschiedlicher Aufwand der von gelegentlichen öffentlichen Himmelsbeobachtungen, organisiert von ehrenamtlichen Astronomie-Vereinen, bis zu Naturlehr-Programmen im Nationalpark Format reicht.

Langzeitmessungen der Nachthimmelshelligkeit im Hinblick auf Oberösterreich

2 | Standorte und Datengewinnung

Für diese Arbeit wurden die Daten von insgesamt 26 Stationen in Österreich gesammelt. 23 dieser Stationen befinden sich in Oberösterreich und sind Teil des Lichtmessnetzes, welches von der Landesregierung Oberösterreich ab 2014 eingerichtet wurde. Für eine Übersicht der räumlichen Verteilung des Oberösterreichischen Lichtmessnetz siehe Abb. 2. Die anderen drei von uns betreuten Stationen befinden sich in Graz, Wien und am Mitterschöpl in Niederösterreich.

Die Standorte wurden in drei Kategorien, basierend auf der Bevölkerungszahl (Statistik Austria), in urban, suburban und rural eingeteilt. Dabei werden Standorte mit mehr als 10 000 Einwohnern als urban und darunter als suburban bezeichnet, hat ein Standort keine dauerhafte Bevölkerung wird er als rural bewertet. Des weiteren wurde das Terrain jeder Station grob beschrieben. Tabelle 3 gibt einen Überblick. Jeder Standort ist mit einem wetterfesten Gehäuse und einem SQM ausgestattet, welches auf 10 Grad nördlich des Zenits ausgerichtet ist. Siehe Abb. 1 als Beispiel für eine Messstation.



Abbildung 1 - Foto der Messstation Zöbelboden. Der schwarze Zylinder ist die wetterfeste Behausung.

Die Auswertung der Messungen reicht bis zum 31.12.2016. Die im Laufe des Jahres 2017

gewonnenen Messungen konnten hier noch nicht in die Auswertung miteinbezogen werden. Dabei ist zu beachten, dass die Stationen zu unterschiedlichen Zeitpunkten ihren Betrieb aufnahmen. Die am längsten aktive Station befindet sich an der Universitätssternwarte Wien, sie hat ihren Betrieb schon 2012 aufgenommen, während die jüngste, Krippenstein, seit 04.11.2015 läuft. Das oberösterreichische Lichtmessnetz wurde in drei Wellen in Betrieb genommen. Insgesamt konnten so 18877 verwendbare Nachtmittelwerte gesammelt werden. Dabei zeigten einige Stationen Ausfälle, die von einer Nacht bis zu einigen Monaten andauern konnten. So konnte der zu untersuchende Zeitraum zu 92,9 % abgedeckt werden und zu 90,98 % lieferten die Stationen verwertbare Messungen, die nicht über $22 \text{ mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ hinausgehen. Insgesamt konnten also 9,02 % der Nächte nicht analysiert werden. Die Stationen mit den meisten Ausfällen sind BOD, ZOE und LOS. Gründe für die Ausfälle können von technischen Gebrechen bis zu meteorologischen Ursachen reichen. Die Auswahl der Standorte der Stationen erfolgte anhand von Bedingungen wie Bevölkerungsdichte, Seehöhe oder Landschaftscharakter.

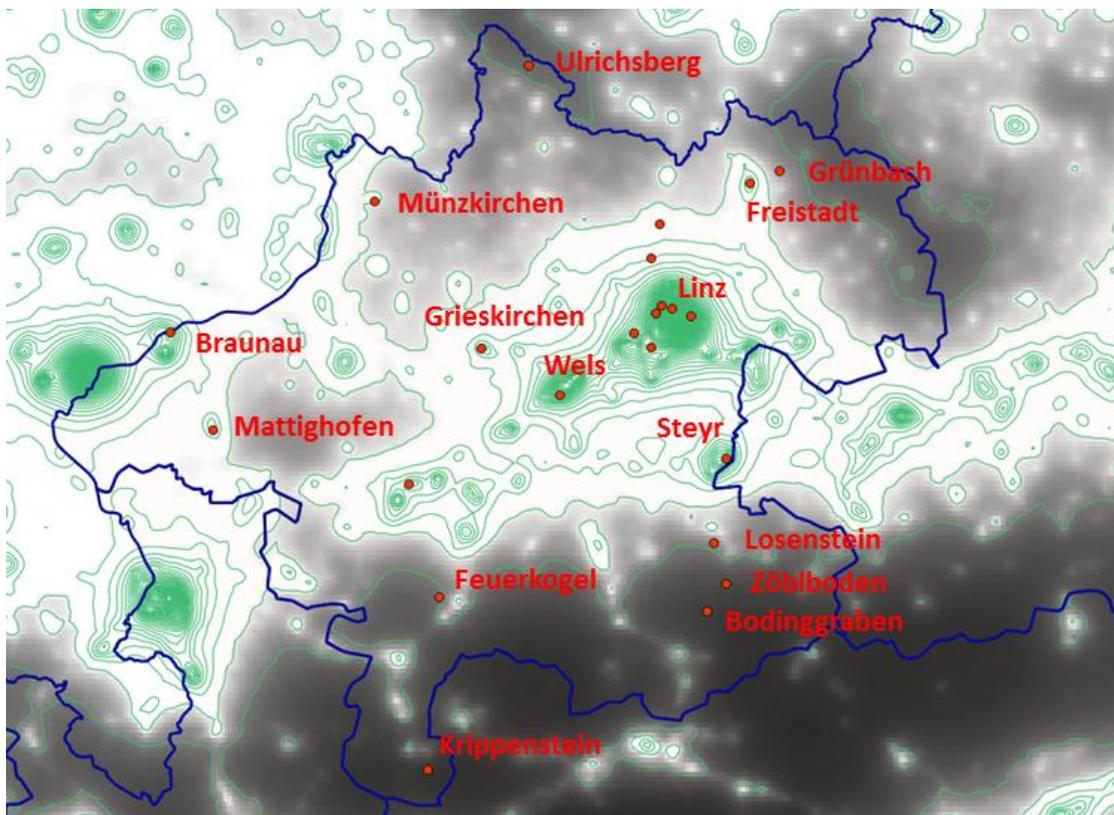


Abbildung 2 - Räumliche Verteilung des oberösterreichischen Messnetzes sowie Lichtverschmutzungskarte von Oberösterreich auf der Basis von Satellitendaten. Die roten Punkte repräsentieren die Positionen der Messstationen. Die Hintergrundkarte basiert auf dem neuen Weltatlas der Lichtverschmutzung von Falchi et al. 2016 und zeigt die künstliche Himmelsaufhellung. Die grünen Konturlinien haben einen Abstand von $46 \mu\text{cd}/\text{m}^2$, beginnend bei $215 \mu\text{cd}/\text{m}^2$, was $21.75 \text{ mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ entspricht. Dieser Wert entspricht dem „goldtier“ der IDA für dark sky preserves, und es zeigt sich schon in dieser Abbildung, dass einige Gebiete v.a. im alpinen Teil Oberösterreichs diesem strengen Kriterium für ein Nachthimmelsschutzgebiet entsprechen.

Alle Daten sind frei zugänglich und auf folgenden Webadressen abrufbar:

- <https://www.land-oberoesterreich.gv.at/159659.htm>
- <http://astro.univie.ac.at/institut/lichtverschmutzung/>

Die nun folgende Liste gibt eine grobe Beschreibung der Messstationen, Tabelle 4 fasst diese zusammen. Die Stationen sind alphabetisch geordnet und mit Kürzeln versehen.

BODINGGRABEN BOD

Diese Station befindet sich im Nationalpark Kalkalpen in einem Tal. Siedlungsstruktur: unbewohnt.

BRAUNAU BRA

Am Dach der Bezirkshauptmannschaft wurde diese Station eingerichtet. Die Umgebung ist ein dicht verbautes Stadtgebiet mit mehr als 5000 Einwohnern. Des Weiteren befindet sich nördlich ein Fluss. 351 m Seehöhe.

FEUERKOGEL FEU

Am Dach der Funkstation auf 1618 m Seehöhe wurde diese Messstation eingerichtet. Sie befindet sich auf einem Berghang mit einzelnen Häusern und Almwiesen in der Nähe.

FREISTADT FRE

Am Dach der Bezirkshauptmannschaft wurde diese Station eingerichtet. In der lokalen Umgebung befindet sich dicht verbautes Wohngebiet und das Stadtzentrum. 555m.

GISELAWARTE GIS

Am Dach der Aussichtswarte des Österreichischen Alpenvereins auf 902m Seehöhe. Die Umgebung ist unbewohnt und von dichtem Wald umgeben.

GRIESKIRCHEN GRI

Am Dach der Bezirkshauptmannschaft wurde diese Station eingerichtet. Die Umgebung ist durch ein dicht verbautes Wohngebiet gekennzeichnet. In der unmittelbaren Umgebung befindet sich das Stadtzentrum. 336m.

GRÜNBACH GRU

Südlich der Station befindet sich ein locker verbautes Wohngebiet während in den anderen Richtungen landwirtschaftliche Flächen und Wiesen dominieren. Schmale, wenig befahrene Straßen ziehen sich durch das Gebiet. 918m.

KIRCHSCHLAG - DAVIDSCHLAG KID

30 km nördlich von Linz befindet sich die Privatsternwarte Davidschlag. Die lokale Umgebung ist durch landwirtschaftlich genutzte Flächen und Wald ausgezeichnet. Neben einigen Bauernhöfen ist dieser Standort unbewohnt. 813m.

KRIPPENSTEIN KRI

Die Messstation befindet sich auf dem Dach der Seilbahn-Bergstation auf 2067 m Seehöhe. Der Standort ist als Hochgebirge zu bewerten und hat keine dauerhaften Bewohner. Die Umgebung ist von alpiner Vegetation und Fels dominiert.

LINZ-GOETHESTRASSE LGO

Diese urbane Station befindet sich auf dem Dach des Amtsgebäudes in der Goethestraße 86 in Linz. Die Umgebung umfasst dicht verbaute Wohngebiete und stark befahrene Straßen. 259m.

LINZ-SCHLOSSBERG LSB

Am Dach des Schlossmuseums ist die zweite Linzer Station eingerichtet worden. Anders als in der Goethestraße, befindet sich diese Station von Grünflächen und Parkanlagen umgeben auf einer Hügelkuppe auf 287m.

LINZ-STERNWARTE LSW

Am Balkon der Sternwarte Linz befindet sich die dritte und letzte Station in Linz. Die Siedlungsstruktur ist durch einzelne Häuser in der Umgebung sowie Grünflächen ausgezeichnet. In der unmittelbaren Umgebung befindet sich ein Wohngebiet und ein Stadion. 336 m.

LOSENSTEIN-HOHE DIRN LOS

Die Station ist in Hanglage und die Umgebung ist so gut wie unbewohnt. Neben landwirtschaftlichen Flächen sind einige vereinzelte Häuser und Almen in nordöstlicher Richtung. In der Nähe befindet sich eine private Sternwarte („Hohe Dirn Observatory“). 982m.

MATTIGHOFEN MAT

Am Dach des Schulzentrums befindet sich diese Station. Die lokale Umgebung ist locker verbautes Wohngebiet mit weniger als 5000 Einwohnern. In unmittelbarer Umgebung befinden sich Wohngebiete und landwirtschaftlich genutzte Flächen. 454m.

MÜNZKIRCHEN MUN

Am Dach der Straßenmeisterei wurde diese suburbane Station eingerichtet. Sie befindet sich auf 486 m Seehöhe und ist von locker bebautem Wohngebiet mit einigen landwirtschaftlich genutzten Flächen und Wald umgeben.

PASCHING PAS

Am Dach des Rathauses befindet sich diese städtische Messstation. Östlich und südlich der Station befinden sich landwirtschaftliche Flächen, während in den anderen Richtungen Wohngebiete dominieren. 292m.

STEYR STY

Am Container der Luftmessstation wurde diese Messstation eingerichtet. Östlich befindet sich ein Gewerbegebiet während nördlich ein Wohngebiet zu finden ist. Westlich ist ein Fluss. 307m.

STEYREGG-WEIH STW

Am Mast der Luftmessstation wurde diese Station eingerichtet, welche sich auf einem Hang im Ortsgebiet befindet. Die lokale Umgebung ist durch Grünflächen ausgezeichnet, während im Süden Wald dominiert. Bei dieser Station merkt man deutlich die Nähe zu Linz. 331m.

TRAUN TRA

Am Dach des Sportzentrums wurde diese Station eingerichtet. In der lokalen Umgebung befinden sich Parkplätze und Sportanlagen. Nord bis nordwestlich Bäume. In den anderen Richtungen befinden sich ein locker verbautes Wohngebiet und stark befahrene Straßen. 269m.

ULRICHSBERG-SCHÖNEBEN ULI

Am Dach des Starthauses Langlaufzentrum auf 935m Seehöhe befindet sich diese Messstation. Die Umgebung umfasst einzelne Häuser und Wald. Die Topographie der Station ist als Hochebene im Hügelland zu bewerten.

VÖCKLABRUCK VOE

Diese städtische Station ist auf dem Dach der Bezirkshauptmannschaft installiert worden. Die Lage ist mitten im Stadtgebiet, mit stark befahrenen Straßen und Wohngebieten in der Nähe. 434m.

WELS WEL

Auf dem Dach des Rathauses in Wels wurde eine weitere SQM Station eingerichtet. Die Siedlungsstruktur ist als Stadtgebiet mit mehr als 5000 Einwohnern zu bewerten. Die lokale Umgebung umfasst dicht verbaute Wohngebiete und das Stadtzentrum. 317m.

ZÖBELBODEN ZOE

Diese Station befindet sich im Nationalpark Kalkalpen an einer UBA Messstation. Die Umgebung ist eine Waldlichtung auf einer Hügelkuppe. Siedlungsstruktur: unbewohnt.

3 | Datenreduktion

Die Datengewinnung erfolgt automatisch durch die Stationen, die jede Nacht ab einem Grenzwert von ca. 5-7 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ zu messen beginnen. Die zeitliche Auflösung der Daten beträgt für die oberösterreichischen Daten 1 Messung pro Minute. So werden pro Nacht pro Station 840 Messungen durchgeführt. Da die Nächte über das Jahr nicht gleich lang sind, muss ein variables Intervall gewählt werden, welches nicht über die Zeit, sondern über den Stand der Sonne definiert wird. Die Nachtmittelwertbildung erfolgt somit für alle Messwerte ab dem abendlichen Ende der nautischen Dämmerung (wenn die Sonne 12 Grad unter dem Horizont steht) bis zum morgendlichen Beginn der nautischen Dämmerung, generell also nur für Sonnenstände tiefer als -12 Grad, was bei natürlichen Verhältnissen einer Nachthimmelshelligkeit von mindestens 16.8 $\text{mag}/\text{arcsec}^2$ entsprechen würde. So kann sichergestellt werden, dass für die Mittelung immer dieselben Bedingungen herrschen.

Die Datenreduktion erfolgt in zwei Schritten. Der erste Schritt ist, wie bereits erwähnt, der Ausschluss der Daten vor der nautischen Abenddämmerung und nach der nautischen Morgendämmerung in der Früh. Der zweite Schritt ist die Elimination von Werten jenseits von 22 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$, bei Stationen wo diese Werte nicht zu erwarten sind. Elf der Messstationen zeigten gelegentlich (ca. 2,1 Prozent der Nachtmittelwerte) unrealistische Werte von über 22 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ (bis 24 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$). Die genauen Ursachen für diese Werte sind nicht geklärt. Was allerdings auffällt ist, dass einige Messstationen in denselben Zeiträumen (von bis zu 1 Woche) ähnliche hohe Werte messen. Wie in Abb. 3 zu erkennen ist, kommen Messwerte über 22 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ selten vor.

Wie in Abb. 4 zu sehen ist, wurden für die drei Stationen Grünbach, Giselawarte und Feuerkogel die Temperatur gegen die Helligkeit des Jahres 2016 aufgetragen. Dabei fiel auf, dass alle Werte über 22 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ nur auftreten, wenn die Temperatur unter 5° Celsius beträgt. Dies gilt wahrscheinlich für alle Stationen, bis auf die beiden im Nationalpark (Zöbelboden und Bodinggraben), die mindestens 2 Tage pro Monat Werte über 22 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ während des gesamten Jahres zeigen. Die anderen Stationen, die Werte über 22 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ zeigen, weisen diese Werte ausschließlich in den Herbst- und Wintermonaten auf.

Außerdem wurden bei der Station Feuerkogel Werte über 22 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ nur bei einer relativen Feuchte von über 75% gemessen. Dies lässt vermuten, dass die Ursache für diese hohen Werte durch Schnee oder kalten Regen verursacht werden. Eine andere Möglichkeit wäre, dass der Ursprung in dicken Wolkendecken über dieser Region zu finden ist. Tabelle 1 beschreibt die Stationen, bei denen Werte über 22 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ aufgetreten sind.

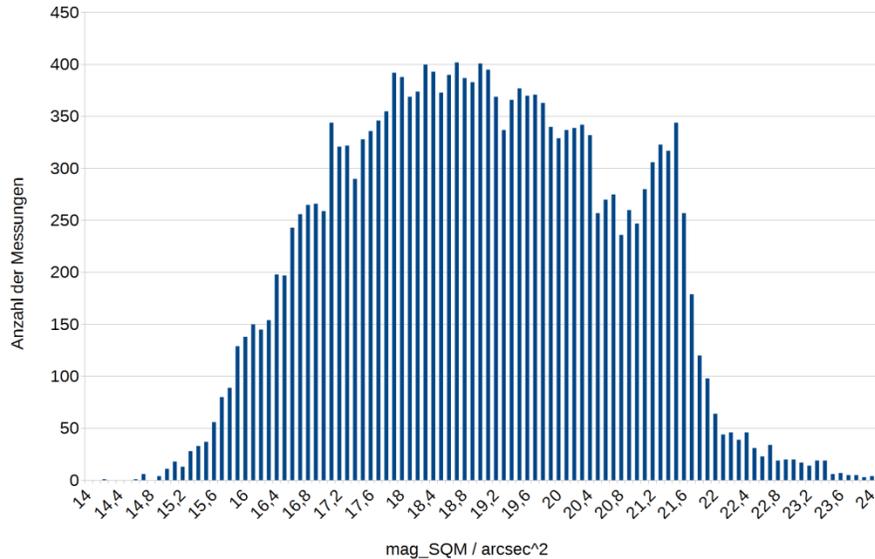


Abbildung 3 - Gesamte Häufigkeit der Messwerte aller Stationen für den gesamten Messzeitraum. Man beachte den Peak zwischen $21,2 \text{ mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ und $22 \text{ mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$. Der letzte Wert stellt die klaren, mondlosen Nächte naturnaher Stationen da. Ebenso erkennt man, dass Werte über $22 \text{ mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ selten vorkommen (u.a. bei bewölktem Himmel an sehr entlegenen Orten).

Auf der Homepage der ZAMG sind unter der Rubrik „Jahresrückblick“ öffentliche Datensets zu verschiedenen meteorologischen Messungen zu finden. Dabei waren vor allem die tägliche und die monatliche Bewölkung interessant. Es konnten aber nur für die Stationen der Stadt Linz tägliche Bewölkungsdaten gefunden werden, während für die anderen Stationen nur teilweise monatliche Bewölkungsdaten gefunden werden konnten.

Für die Berechnung des Einflusses der Wolken wurden ebenfalls Nachtmittelwerte verwendet. **Dabei wurden für klare Nächte Werte ≤ 1 Okta und für bedeckte Nächte Werte ≥ 9 Okta als Grenzen festgelegt. Dabei bedeutet „Okta“ wörtlich „Achtel“; es ist in diesem Zusammenhang ein Maß für den Bewölkungsgrad.**

Für den jährlichen Vergleich der Nachthimmelshelligkeit (NHH) und der Bewölkung wurden Monatsmittelwerte verwendet.

Die Berechnung der Monddaten erfolgt ebenfalls durch die Nachtmittelwerte eine Nacht vor- und eine Nacht nach einem Neu- bzw. Vollmond.

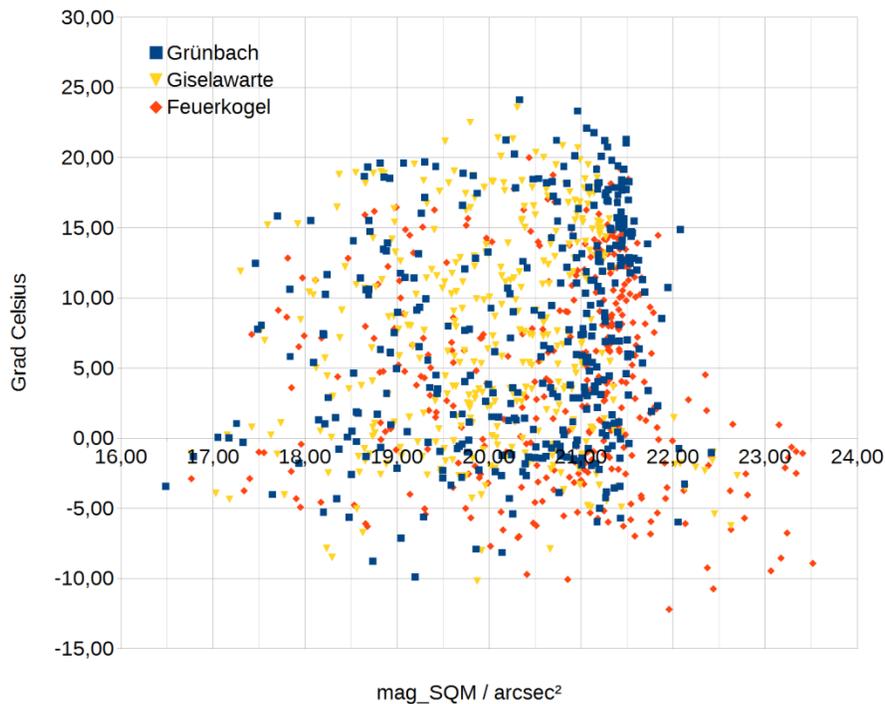


Abbildung 4 - Zur Klärung, unter welchen Bedingungen Messwerte über 22 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ auftreten, wurde für das Jahr 2016 die tägliche Temperatur gegen die Helligkeit aufgetragen. Dabei lässt sich erkennen, dass diese (für die dargestellten Stationen) nur bei Bedingungen unter 5° Celsius auftreten.

Stationsname	Typ	% Werte über 22 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$	Max. Wert
Nationalpark-Zöblboden	Rural	17,2	23,9
Nationalpark-Bodinggraben	Rural	5,9	23,4
Grünbach	Suburban	0,8	22,4
Steyr	Urban	0,3	23,1
Giselawarte	Rural	2,5	23,9
Kirchschlag-Davidschlag	Suburban	2,4	23,9
Feuerkogel	Rural	4,6	23,5
Ulrichsberg-Schöneben	Rural	0,3	22,4
Krippenstein	Rural	6,6	23,0
Losenstein-Hohe Dirn	Rural	11,3	23,8

Tabelle 1 - Liste der Stationen, bei denen Werte seit Beginn der Messungen über 22 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ aufgetreten sind. Außerdem wurde der Stationstyp, der maximal gemessene Wert und der Prozentanteil der Werte über 22 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ während des gesamten Messbetriebes.

4 | Auswertung und ausgewählte Ergebnisse

4.1 | Wertebereiche der Nachthimmelshelligkeit und Typologie von Standorten

Wie zu erwarten liegen die dunkelsten Stationen in ruralen Gebieten, während die hellsten Stationen in den Städten zu finden sind. Die nachfolgende Liste enthält die **durchschnittlichen Nachtmittelwerte für klare Nächte jeder Station, dabei wurden für diese Auflistung die dunkelsten Nachtmittelwerte jedes Monats über den Zeitraum der Messungen erneut gemittelt**. Die Auflistung erfolgt in der Reihenfolge zunehmender Lichtverschmutzung. Sie schließt Vollmondnächte aus.

- Nationalpark-Zöblboden 21,9 mag_{SQM}/arcsec² - 192,5 μcd/m²
- Krippenstein 21,9 mag_{SQM}/arcsec² - 193,7 μcd/m²
- Losenstein-Hohe Dirn 21,8 mag_{SQM}/arcsec² - 198,6 μcd/m²
- Feuerkogel 21,8 mag_{SQM}/arcsec² - 209,1 μcd/m²
- Nationalpark-Bodinggraben 21,8 mag_{SQM}/arcsec² - 209,3 μcd/m²
- Kirchschlag-Davidschlag 21,6 mag_{SQM}/arcsec² - 249,5 μcd/m²
- Grünbach 21,6 mag_{SQM}/arcsec² - 250,8 μcd/m²
- Ulrichsberg-Schöneben 21,6 mag_{SQM}/arcsec² - 256,5 μcd/m²
- Giselawarte 21,3 mag_{SQM}/arcsec² - 320,1 μcd/m²
- Münzkirchen 21,2 mag_{SQM}/arcsec² - 341,6 μcd/m²
- Mattighofen 20,8 mag_{SQM}/arcsec² - 533,1 μcd/m²
- Vöcklabruck 20,4 mag_{SQM}/arcsec² - 721,0 μcd/m²
- Steyr 20,3 mag_{SQM}/arcsec² - 843,2 μcd/m²
- Braunau 20,2 mag_{SQM}/arcsec² - 898,2 μcd/m²
- Freistadt 20,2 mag_{SQM}/arcsec² - 918,2 μcd/m²
- Grieskirchen 20,2 mag_{SQM}/arcsec² - 931,5 μcd/m²
- Pasching 20,1 mag_{SQM}/arcsec² - 983,2 μcd/m²
- Traun 19,8 mag_{SQM}/arcsec² - 1275,3 μcd/m²
- Steyregg-Weih 19,7 mag_{SQM}/arcsec² - 1488,8 μcd/m²
- Linz-Sternwarte 19,5 mag_{SQM}/arcsec² - 1680,5 μcd/m²
- Wels-Rathaus 19,4 mag_{SQM}/arcsec² - 1885,4 μcd/m²
- Linz-Schlossmuseum 19,2 mag_{SQM}/arcsec² - 2331,3 μcd/m²
- Linz-Goethestraße 19,0 mag_{SQM}/arcsec² - 2760,1 μcd/m²

Die nicht bereinigten hellsten und dunkelsten (absoluten) Werte liegen um 10 (14 versus 24) $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ auseinander, was einem 10.000-fachen Unterschied in der Helligkeit entspricht. **Die Mittelwerte der Nachthimmelshelligkeit unter Einschluss der Vollmondnächte liegen zwischen 17,1 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ und 20,5 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$, was einem 40-fachen Unterschied entspricht (vgl. Abb. 5).** Allgemein lässt sich sagen, dass die drei Kategorien (urban, suburban und rural) jeweils charakteristische Merkmale in ihrem Verlauf der NHH aufweisen. Die nachfolgenden Abschnitte (4.1.1 - 4.1.3) beschreiben diese Merkmale.

4.1.1 | Standort-Kategorie „urban“

Ein urbaner Standort ist durch eine sehr starke künstliche Erhellung des Nachthimmels (um einen Faktor 100 und mehr gegenüber der natürlichen Nachthimmelshelligkeit) sowie durch die **weitgehende Abwesenheit des Mondzyklus**, aber auch durch eine starke ($2 \text{ mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$) saisonale Variation gekennzeichnet. Im Vergleich zu den anderen beiden Standort-Typen ist die höhere NHH durch eine starke Entwicklung der Infrastruktur (Geschäfte, größere beleuchtete Straßen, leuchtende Werbetafeln etc.) zu erklären. Außerdem tragen Wolken bei dieser Klasse sehr zu einer Erhellung des NHHs bei. **Typische Nacht-Mittelwerte der zenitalen NHH für einen Standort dieser Kategorie sind 17 bis 18,5 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$.**

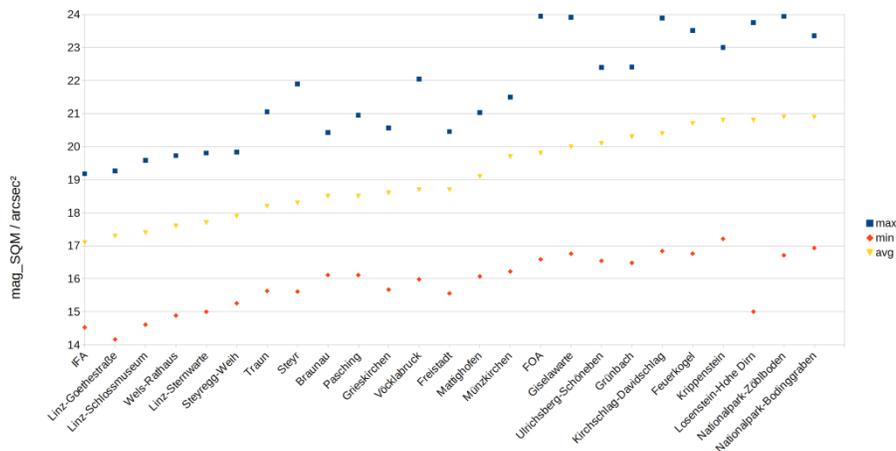


Abbildung 5 - Minima (rot), Mittelwerte (gelb) und Maxima (blau) der Nachtmittelwerte der NHH für alle Stationen (unbereinigte Werte, von Beginn der Messungen bis Ende 2016).

4.1.2 | Standort-Kategorie „suburban“

Suburbane Standorte zeigen in den Langzeitplots wenig ausgeprägte circalunare Rhythmen und eine mäßige (Schwankungen im Bereich von 1-1,5 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$) saisonale Variation. Vergleicht man urbane und suburbane Standorte, so erkennt man einen fließenden Übergang zwischen diesen beiden Klassen. Liegen suburbane Stationen in der relativen Nähe zu einer größeren Siedlung, beeinflussen diese bei den meisten Geländebedingungen die NHH. **Es sind Werte im Bereich von 18,5 bis 20 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ als Durchschnittswerte zu erwarten.**

4.1.3 | Standort-Kategorie „rural“

Für rurale Standorte ist der Mondzyklus prominent in den Langzeitplots zu erkennen, d.h. die über jeweils eine Nacht gemittelte NHH variiert sehr stark mit der Mondphase. Die Lichtverschmutzung, und damit die Nachthimmelshelligkeit dieser Standortklasse, ist einerseits nicht durch von der Einwohnerzahl, sondern durch ihre Nähe zu Siedlungen bestimmt, andererseits von ihren geographischen und topologischen Eigenschaften abhängig. **Typische Mittelwerte der Nachthimmelshelligkeit dieser Klasse reichen von 20-21,5 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$.**

4.2 | Mondzyklen in Stadt und Land

Der stärkste natürliche Einfluss auf die NHH wird durch den Mondzyklus verursacht. In naturnahen Gebieten kann so innerhalb eines Mondzyklus (rund 29,5 Tage) eine Schwankung der NHH von bis zu 3,5 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ zwischen Neu- und Vollmond auftreten (entsprechend einem Unterschied von 1:25 in der Leuchtdichte). Bei der Betrachtung der Schwankung fällt auf, dass, je naturbelassener ein Standort ist, desto größer ist seine Differenz zwischen der mittleren NHH in Neu- und Vollmondnächten (vgl. Abb. 8). **Bei den urbanen Stationen lässt sich durch die Lichtverschmutzung kein ausgeprägter Mondzyklus mehr in den Langzeitplots erkennen, die durchschnittliche Differenz beträgt hier nur 0,5-1,4 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$. Die suburbanen Stationen zeigen je nach Bevölkerung unterschiedlich stark ausgeprägte Mondzyklen. Die ruralen Stationen zeigen eine starke Mond-Rhythmik (vgl. Abb. 6a-c).**

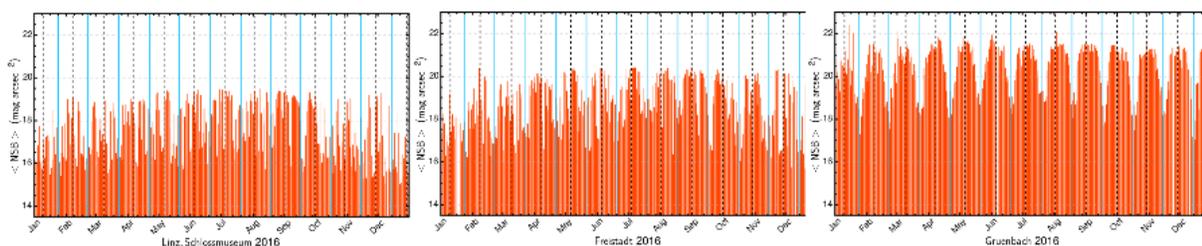


Abbildung 6a-c – Langzeit-Plots der Nachtmittelwerte der NHH für drei verschiedenen Stationen als Beispiel für ihren Mond-Rhythmus: a) urban: Linz-Schlossmuseum, b) suburban: Freistadt, c) rural: Grünbach.

Das erste Bild (a) zeigt einen typischen Plot für eine urbane Station. Man beachte, dass die Kurve stark unregelmäßige Helligkeitsschwankungen besitzt. Diese sind nicht durch den Mond zu erklären, sondern durch die unterschiedlichen Wetterlagen der Station. Bei Abbildung (b) sind zwar regelmäßige Maxima erkennbar, doch besitzt diese Grafik noch immer ein starkes „Rauschen“. Im ganz rechten Bild (c) ist der Langzeittrend einer ruralen Station dargestellt. Diese Kurve ist von klaren Mondzyklen-Peaks im Abstand von je einem synodischen Monat (29,5 Tage) geprägt.

Noch deutlicher wird dieser Umstand, wenn man die Messungen eines einzelnen Mondzyklus übereinanderlegt, siehe Abbildung 7. Man erkennt deutlich den Anstieg und Abfall der Helligkeit um den Vollmond bei „GIS“ (gelb). Die Suburbane Station „GRI“ (rot) folgt während der Zu- und Abnahme des Mondes recht gut der ruralen Kurve, doch man sieht, dass um den Neumond herum starke Schwankungen auftreten können. Bei der urbanen Station „GOE“ (blau) treten stark unregelmäßige Schwankungen auf, die dem Mondrhythmus kaum folgen.

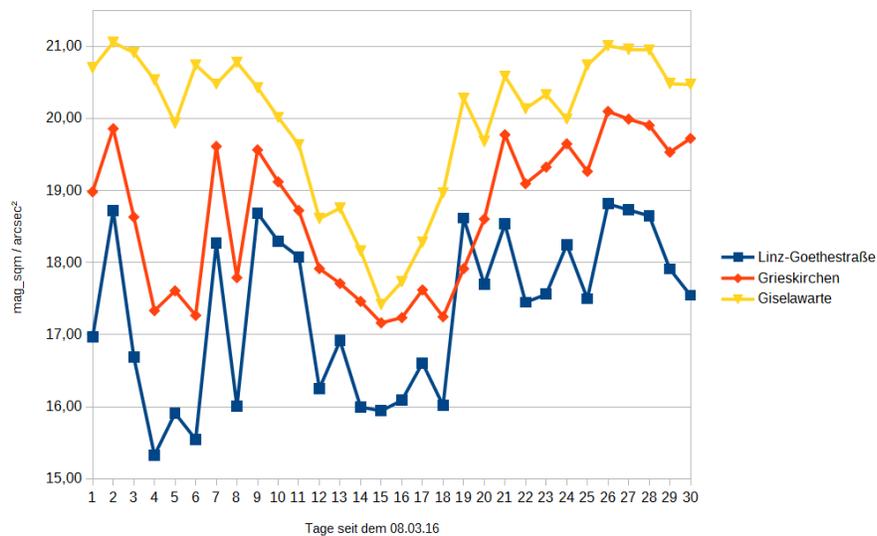


Abbildung 7 - Beispiel für einen Mondzyklus an verschiedenen Standort-Typen. Die Daten stammen aus dem Zeitraum von 08.03.2016 bis 07.04.2016. Die gelben Punkte stehen in der Grafik für eine rurale Station, die roten für eine suburbane und die blauen für eine urbane Station. Es wurden drei Stationen als Repräsentanten der im Text ausführlich beschriebenen Standort-Typen gewählt.

4.3 | Saisonale Trends

Bei der Berechnung der saisonalen Trends wurde weder die Bewölkung noch die Phase des Mondes berücksichtigt. Zunächst wurden die Nachtmittelwerte jeder Station gegen ihr Datum aufgetragen. Die Jahresverläufe für urbane Stationen ist in Abbildung 11 zu sehen. Man erkennt,

dass im Schnitt die Winternächte (vor allem Dezember und Jänner) um bis zu ca. 2 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ heller als die Sommernächte (Juli, August). Wie in Abb. 11 zu weiters sehen ist, weisen alle urbanen Stationen einen ähnlichen jährlichen Verlauf auf. Die suburbanen Stationen folgen in abgeschwächter Form der urbanen Kurve, wie in Abbildung 10 erkennbar ist.

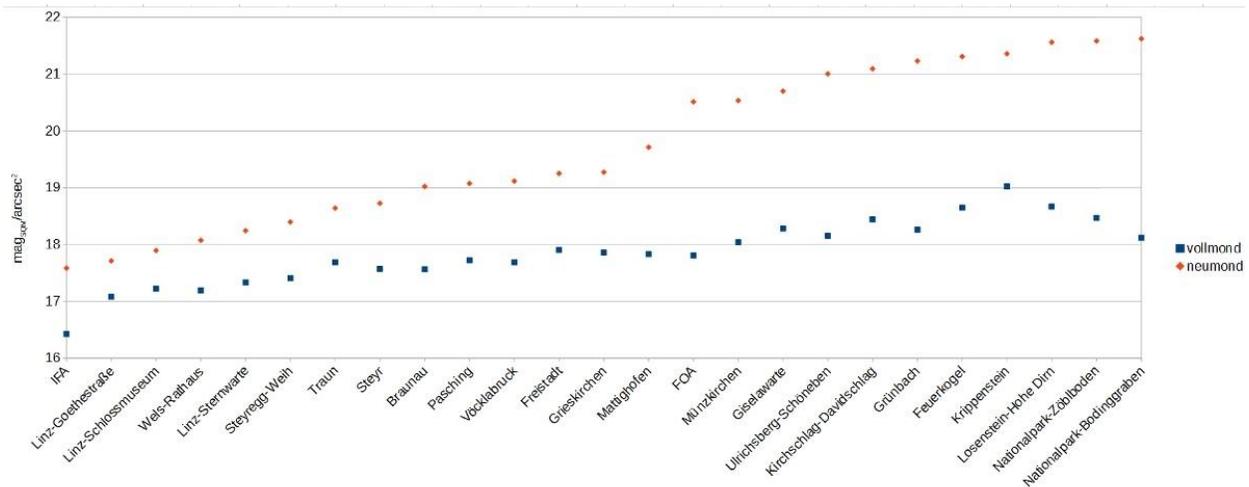


Abbildung 8 - Mittelwerte der Nachthimmelshelligkeit bei Neu- und Vollmond für alle Standorte, ohne Rücksicht auf die Wetterlage. Die Mittelwertbildung erfolgte über alle Neu- und Vollmondnächte im Messzeitraum. Je größer die Differenz zwischen mittlerem Vollmond- und mittlerem Neumond-Wert der NHH, desto naturbelassener ist der entsprechende Standort.

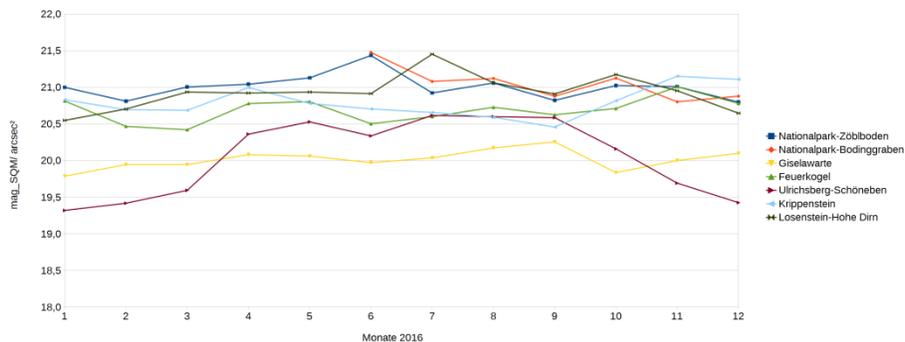


Abbildung 9 - Monatsmittelwert der ruralen Stationen für das Jahr 2016. Die meisten Stationen zeigen eine geringe Variation der Monatsmittelwerte.

Es zeigt sich, dass alle Stationen in besiedelten, lichtverschmutzten Gebieten eine Schwankung der Monatsmittelwerte von 1 bis 2 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ über das Jahr aufweisen. Diese Schwankungen liegen vor allem an der größeren Häufigkeit bewölkter, stark

aufgehellter Nächte in den Wintermonaten.

In den Monaten September und Oktober ist bei allen besiedelten Stationen ein Abfall von 0,2 bis 1 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ erkennbar, während im Februar ein Anstieg von 0,1 bis 0,8 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ beobachtbar ist.

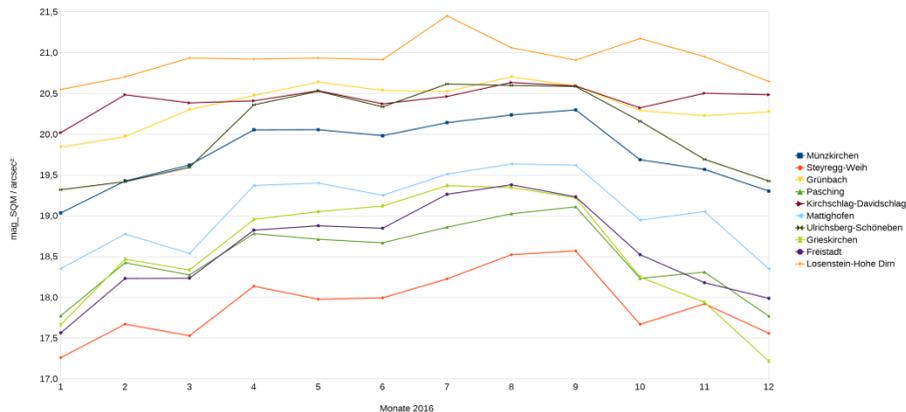


Abbildung 10 - Monatsmittelwerte der **suburbanen Stationen** für das Jahr 2016. Suburbane Stationen zeigen hellere Werte im Winter während die Sommermonate um etwa 1 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ heller sind.

Bei ruralen Standorten konnte kein einheitliches Bild festgestellt werden, siehe Abbildung 9. Die Stationen zeigen über das Jahr nur kleine Schwankungen der Monatsmittel im Bereich von 0,5-0,7 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$. **Bei den Stationen in unbesiedelten Regionen ist ohne den Einfluss der Wolken kaum eine Variation von Monat auf Monat erkennbar (0,1 bis 0,5 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$).**

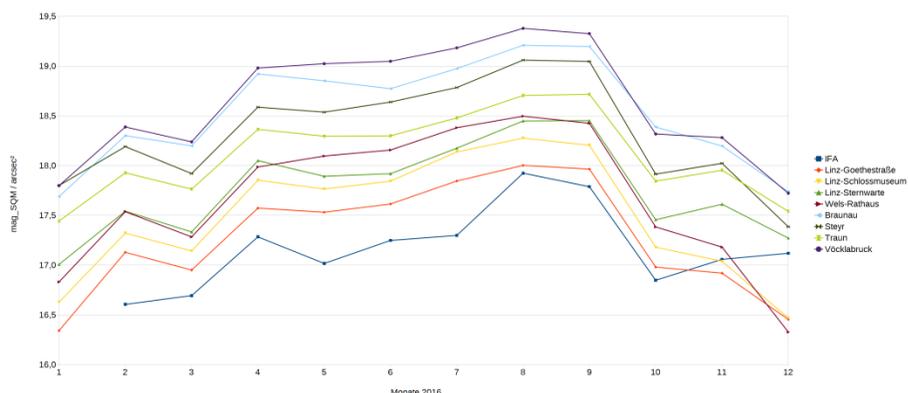


Abbildung 11 - Monatsmittelwerte der **urbanen Stationen** für das Jahr 2016. Wie bei den Suburbanstationen in Abb. 10 weisen urbane Stationen eine ähnliche aber stärker ausgeprägte saisonale Variation auf.

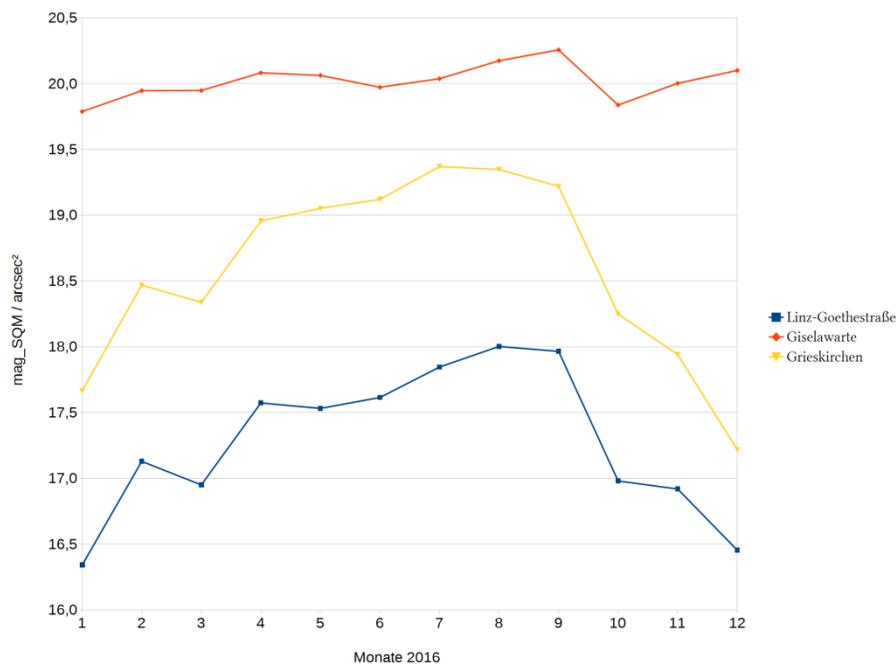


Abbildung 12 - Monatsmittelwerte des Jahres 2016, für **drei Repräsentanten der Messstationstypen**. Die roten Punkte stehen für die rurale Station Giselawarte, die gelben für die suburbane Station Grieskirchen und die blauen für die urbane Station Linz-Goethestraße. Man erkennt, dass die suburbanen Kurven der urbanen Kurve folgen. Die rurale Station zeigt kaum Schwankungen über die Monate.

4.4 | Langfrist-Trends

Eine der wichtigsten Fragestellungen bei der Quantifizierung der Lichtverschmutzung ist, ob die NHH über längere Zeiträume zunimmt (und wenn ja, in welchem Ausmaß pro Jahr). Daten aus anderen Ländern legen nahe, dass derzeit mit Zuwachsraten der Lichtverschmutzung von einigen Prozent pro Jahr zu rechnen ist. Vor diesem Hintergrund wurde in dieser Arbeit analysiert, wie sich die mit den SQMs gemessene NHH an den 23 ausgewählten Standorten Oberösterreichs im Zeitraum Anfang 2015 bis Ende 2016 entwickelte.

Abb. 13 zeigt den 2-Jahres-Verlauf für die dunkelsten Nachtmittelwerte pro Monat, zunächst für sämtliche Stationen. In dieser Grafik dominieren noch immer die saisonal bedingten Variationen gegenüber etwaigen längerfristigen Trends. Mit anderen Worten: **Die vorliegenden Daten lassen keinen allgemeinen Trend einer Zu- oder Abnahme der NHH im Zeitraum 2015-16 erkennen.**

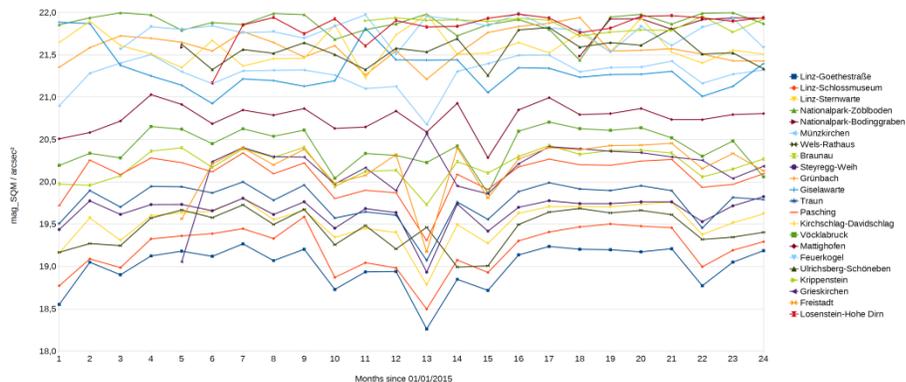


Abbildung 13 - Die dunkelsten Werte pro Monat und Station für das Jahr 2015 und 2016. Für diese Abbildung wurden die dunkelsten Werte (über 22 mag. ausgeschlossen) jeder Station pro Monat herausgesucht, diese sollte den Einfluss der Wolken eliminieren. Man erkennt, dass auch ohne den Einfluss der Wolken eine saisonale Variation der Standorte (die bei besiedelten Stationen höher ausfällt) erkennbar ist.

Es besteht allerdings die Möglichkeit, dass die Messgeräte (vor allem die Messfenster) im Laufe der Betriebszeit an Sensitivität bzw. Transparenz verlieren (z.B. durch UV-Strahlung oder etwaige Verschmutzungen), wodurch ein eventueller Trend der Zunahme der Lichtverschmutzung maskiert werden könnte. Dies könnte nur durch Messfenster-Transparenz-Messungen und Sensor-Kalibrationen im Labor geklärt werden. So Chu Wing fand in seiner Dissertation heraus, dass bei der sehr starken Sonneneinstrahlung in Hong Kong zu einer sichtbaren Trübung der Messfenster kam. Zusätzlich quantifizierte er den Verlust der Sensor-Empfindlichkeit seiner SQMs und zeigte, dass dieser im Bereich unter $0.12 \text{ mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2/\text{Jahr}$ bzw. unter 12 % pro Jahr lag und im Laufe der Zeit abflachte (siehe Abb. 15).

4.5 | Einfluss der Bewölkung

Wolken können je nach Standort-Typ die NHH auf zwei verschiedenen Arten beeinflussen. Bei urbanen Stationen wirken sie vor allem erhellend und bei ruralen Stationen verdunkelnd.

Wie bereits in Abschnitt 3 besprochen, traten Werte über $22 \text{ mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ (bis auf Steyr) nur bei ruralen und suburbanen Stationen auf. Wir nehmen daher an, dass diese Werte durch dichte Wolkenschichten oder Schnee hervorgerufen wurden (vgl. mit Kyba et. al 2015). Diese Wolkenschichten absorbieren das Licht der Sterne stark, sodass es nicht mehr auf den Sensor treffen kann. Bei den urbanen Stationen lässt sich der Einfluss der Bewölkung gut in Mondzyklen-Plots erkennen. Bei Werten, die heller sind als der Vollmond, ist zu erwarten, dass sie durch die Rückstreuung des Stadtlichts an den Wolken auftreten.

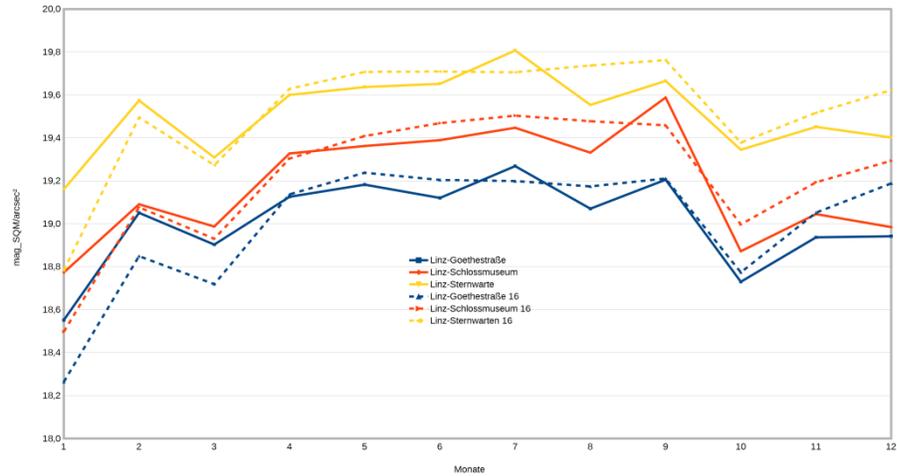


Abbildung 14 - Für diese Grafik wurden die Monatsmittelwerte der drei Linzer Stationen für die Jahre 2015 (durchgängig) und 2016 (liniert) geplottet. Die jährlichen Schwankungen sind weitgehend gleich. Die leicht dunkleren Werte (im Bereich von $0,2 \text{ mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$) könnten durch eine Degeneration des Sensorfensters oder durch ein tatsächliches dunkler werden des Himmels verursacht werden. Ebenso unterschiedliche Wetterlagen wären denkbar.

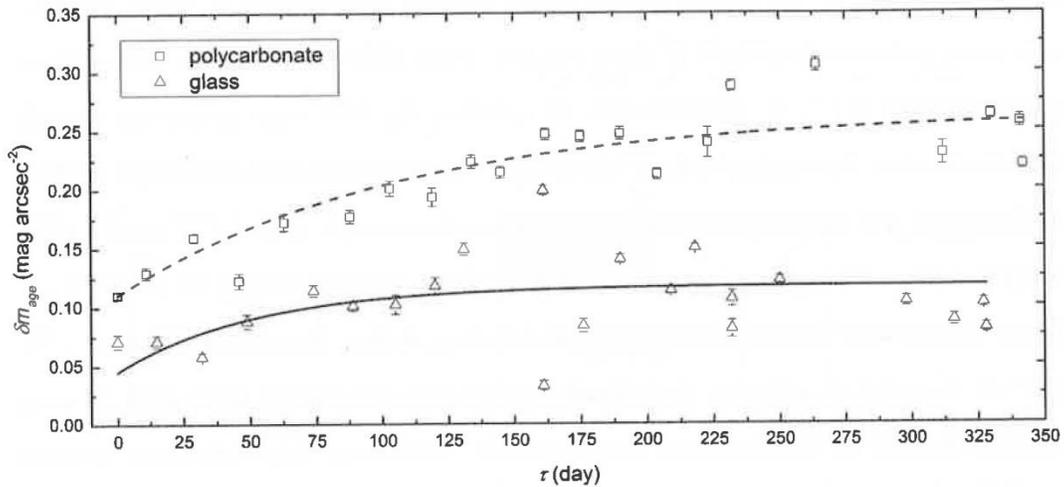


Abbildung 15 - Wiederholte Messungen der Lichtdämpfung der gleichen Gehäuse mit Polycarbonatabdeckung (Quadrate) und Glasfenster (Dreiecke), zeigen ihre Alterungen im Laufe der Zeit aufgrund einer längeren Aussetzung von UV-Strahlung. Ihre bestmöglichen Modellkurven für die zeitabhängige Dämpfung (Gestrichelt und solide Kurven) wurden zum Vergleich eingezeichnet. Adaptiert aus So (2014).

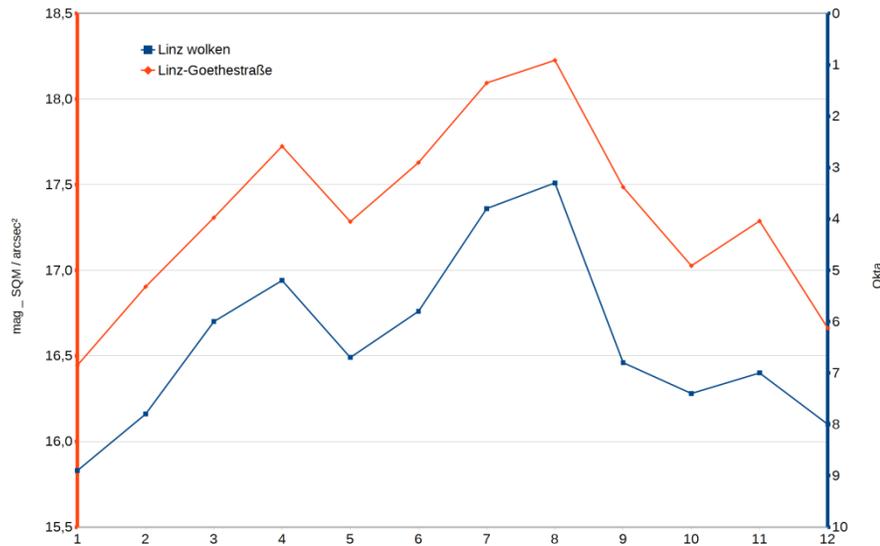


Abbildung 16 - Vergleich der Monatsmittelwerte für das Jahr 2016 der Bewölkung mit der NHH für die Station Linz-Goethestraße. Die linke y-Achse (rot) ist in der Einheit $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ während die rechte Achse (blau) in der Einheit Okta angegeben ist. Die x-Achse beschreibt die Monate.

Wie in der Arbeit von Kyba et al. 2011 berichtet, konnte ein Unterschied für urbane Stationen zwischen bewölkten und klaren Neumondnächten von durchschnittlich $2,2 \text{ mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ gefunden werden. Während der Unterschied in der Bewölkung für Vollmondnächte bei $1,4 \text{ mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ liegt.

Die saisonalen Schwankungen, die bereits im Abschnitt 4.3 besprochen wurden, können im Falle der urbanen und suburbanen Stationen sehr gut durch jahreszeitliche Variationen der Bewölkung erklärt werden.

Wie in Abb. 16 zu erkennen ist, sind die Wintermonate typischerweise stärker bewölkt als die Sommermonate. Dieses Bild passt sehr gut zu unseren Messwerten, da auch im Winter hellere Werte als im Sommer gemessen wurden. Auch die Steigung der Kurve passt gut zu den Messwerten.

In **Abb. 16** wurde die mittlere Bewölkung pro Monat gegen die mittlere NHH für das Jahr 2016 an der Station Linz-LGO geplottet. Die Relation hat einen Korrelationskoeffizienten = $-0,9$. **Damit sollte gezeigt sein, dass die urbane NHH zum weit überwiegenden Teil durch die Bewölkung erklärbar ist. Bei Betrachtung der ruralen Stationen konnte dagegen erwartungsgemäß keine Korrelation zwischen der Bewölkung und der NHH gefunden werden. Dies wurde am Beispiel der Messstation Feuerkogel verifiziert. Hier ist der Mondzyklus und nicht die wechselnde Bewölkung der entscheidende Einflussfaktor.**

4.6 | Gemittelte kumulative Darstellung der Nachthimmelshelligkeit für 2016

Bisher wurden in diesem Bericht vor allem Nachtmittelwerte und Monatsmittelwerte der Nachthimmelshelligkeit analysiert. Eine weitere Möglichkeit der Darstellung der gesammelten Daten besteht darin, alle Einzel-Nacht-Kurven der Himmelshelligkeit als Punktwolke in ein Diagramm darzustellen – mit der Uhrzeit als x-Achse und der Himmelshelligkeit als y-Achse – und dann eine Mittelwertbildung durchzuführen, was grafisch der Auffindung einer Mittel-Linie durch die jeweilige Punktwolke für jede Station entspricht. Das Ergebnis ist ein übers Jahr gemittelter zeitlicher Verlauf der Nachthimmelshelligkeit für jede Station.

In der Abb. 17 sind diese gemittelten Verläufe noch einmal zusammengefasst: für alle Stationen in Oberösterreich, für alle Nächte, alle Wetterlagen, alle Mondphasen. Diese Darstellung ist besonders aussagekräftig und erlaubt noch einmal, die dunklen Standorte (durchgezogene Linien, obere Kurvenschar) von den Standorten mit signifikanter Himmelsaufhellung (strichlierte und punktierte Linien, mittlere und untere Kurvenschar) zu unterscheiden.

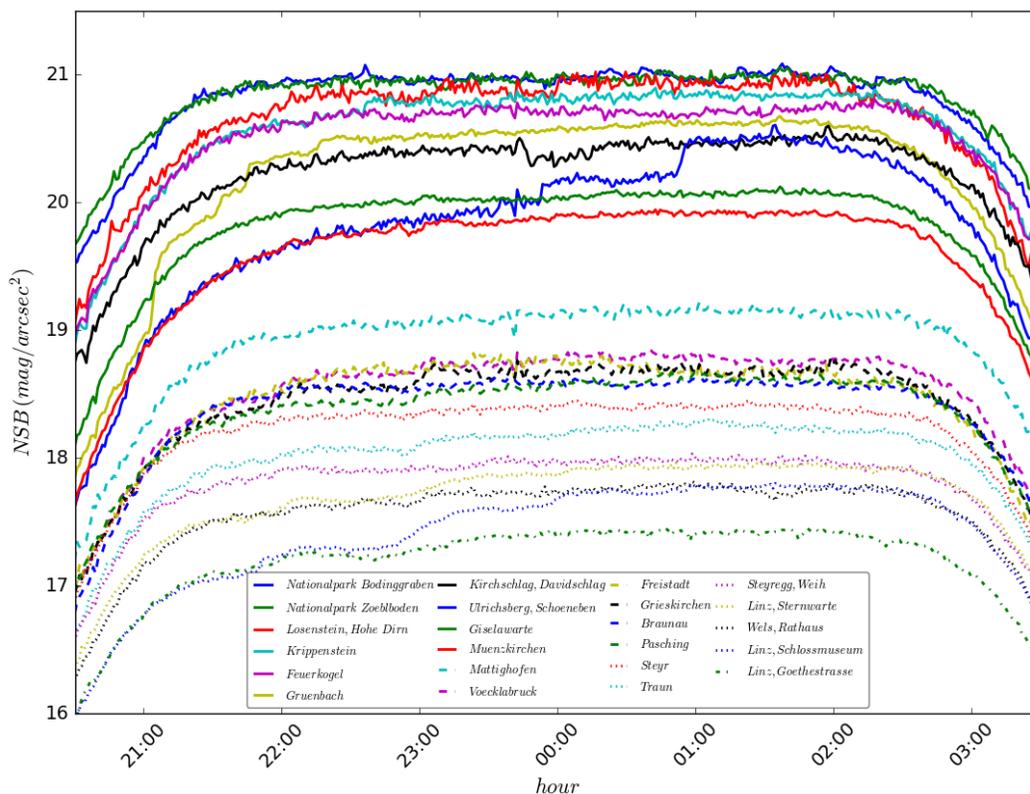


Abbildung 17 - Gemittelte „kumulative Darstellung“ der Messergebnisse aller Stationen für das Jahr 2016. Von unten nach oben werden immer „bessere“ (natürlichere) Mittelwerte der Nachtdunkelheit erreicht. An den urbanen Standorten wird es im Laufe der Nacht deutlich dunkler (Anstieg nach rechts).

4.7 | Jahres-Darstellungen

Im Gegensatz zu den anderen Darstellungsmöglichkeiten der NHH liefern Jahres-Darstellungen detaillierte Informationen über den gesamten Verlauf der NHH eines Standortes. So werden bei dieser Darstellungsform die einzelnen Minutenmesswerte jeder Nacht über ein Jahr miteinbezogen. **Vier Beispiele für Jahres-Darstellungen sind in Abb. 18 zu sehen. Die x-Achse gibt dabei die Tage (Intervall ist in Monaten) und die y-Achse die Minuten an, während die Farbe einer bestimmten Helligkeit entspricht: weiß steht für extrem helle Messwerte, rosa entspricht etwa der Himmelshelligkeit bei Vollmond, schwarzgrün entspricht Zeiten, zu denen man die Milchstraße sehen kann, schwarz entspricht natürlicher Nachtdunkelheit.**

Auch hier sieht man wieder deutlich die ausgeprägte Mondrhythmik (regelmäßige Anordnung der dunklen vertikalen Streifen) an den entlegenen, naturnahen Standorten Giselowarte und Zöblboden sowie die nicht mehr mond-, sondern wetterdominierte Rhythmik der Himmelshelligkeit in Linz sowie Grieskirchen.

Die sanduhrartigen Formen der Kurve entsteht durch die unterschiedlichen Nachtängen: kurze Sommernächte in der jeweiligen Bildmitte, lange Sommernächte an den jeweiligen linken und rechten Bildrändern (Jänner/Februar, November/Dezember).

Erstellt wurden die Grafiken von Johannes Puschnig mittels eines Python-Programms, basierend auf Vorarbeiten von Salvador Ribas.

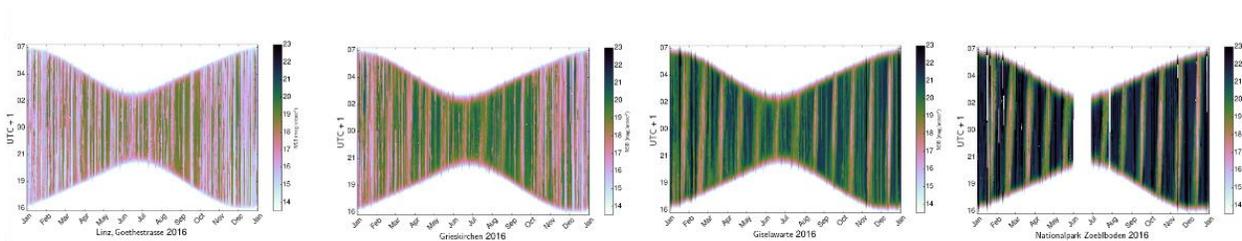


Abbildung 18 – Vier Beispiele für Jahresdarstellungen der Nachthimmelshelligkeit (Linz, Grieskirchen, Giselowarte, Nationalpark Zöblboden) für 2016. **Es sind deutlich in allen 4 Teilbildern die kürzeren Sommernächte (jeweilige Einbuchtungen in der Bildmitte) zu erkennen. Die unterschiedlich stark ausgeprägte Mond-Rhythmik zeigt sich im Fehlen schwarzer senkrechter Balken im Monatsabstand für Linz und Grieskirchen.**

4.8 | Korrelation zwischen Luftverschmutzung und Lichtverschmutzung

Bei Feinstaub (PM) handelt es sich um kleine (10 Mikrometer) Teilchen in der Luft, die sowohl anthropogene Ursachen als auch natürliche besitzen kann. Der Ursprung des Feinstaubes hängt stark von der Umgebung ab (z.B. Vulkan, Verkehr oder Verbrennung von Biomaterial). Es wurden die Feinstaub Messwerte für die PM 2,5 und PM 10 Teilchen gegeneinander aufgetragen. dabei zeigte sich ein linearer Zusammenhang der beiden Messgrößen. Für die Stadt (Linz) gibt es einen Korrelationskoeffizienten von 0,89, während er für den Feuerkogel 0,95 beträgt. Dies bedeutet, dass sowohl die PM 2,5-Werte als auch die PM10-Werte für die weitere Analyse des Zusammenhangs zwischen Luftverschmutzung und NHH verwendet werden können.

Als nächstes wurde für die Stationen, bei denen Feinstaubwerte gemessen wurden, diese gegen die NHH aufgetragen (siehe Abb. 19). Dabei zeigte sich, dass es bei ruralen Stationen zu einer Häufung im Bereich zwischen 21 und 22 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ kommt. Werte über 22 $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ kommen bei diesen Stationen nur bei sehr geringen Feinstaubkonzentrationen von unter $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vor. Bei den suburbanen und urbanen Stationen gibt es eine viele größere Streuung der Messwerte. Allgemein kann man über diese Abbildung sagen, dass, je höher die Feinstaubkonzentration, desto wahrscheinlicher wird eine große Nachthimmelshelligkeit (kleine Magnituden-Werte).

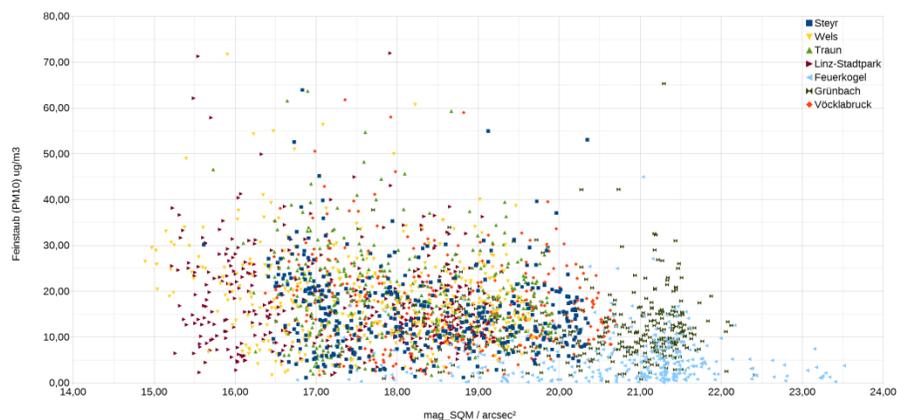


Abbildung 19 - Feinstaubmessungen gegen Werte der Nachthimmelshelligkeit

Für Städte gilt, dass, je niedriger die Temperatur, desto höher die Feinstaubbelastung, während für rurale Gebiete das Gegenteil zutrifft. In besiedelten Gebieten treten gehäuft höhere Feinstaubwerte bei starker Bewölkung auf bzw. umgekehrt: höherer Bewölkungsgrad bei höherer Feinstaub- Konzentration. **Gleicht man die Monatsmittelwerte der NHH mit den Feinstaubwerten ab, findet man für besiedelte Standorte eine deutliche Korrelation zwischen diese beiden Variablen von 0,75–0,65, abhängig vom Standort (und wahrscheinlich von der Topographie der Umgebung).**

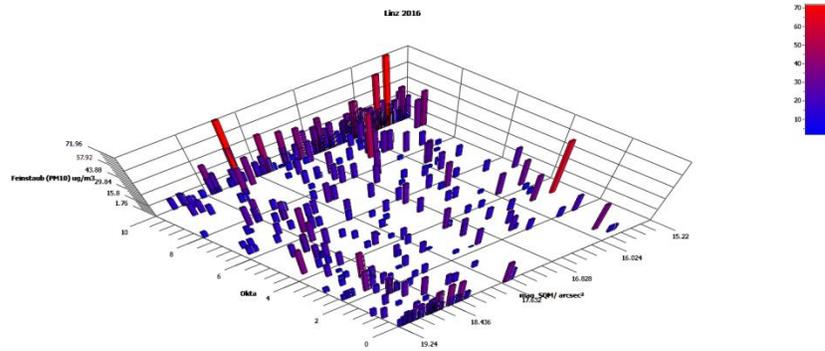


Abbildung 20 - Dreidimensionale Darstellung der Messwerte für Feinstaub, Bewölkung (Okta) und NHH in $\text{mag}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$ für den Standort Linz 2016. In dunklen, wolkenlosen Nächten ist die Feinstaubbelastung gering, während sie in hellen bewölkten Nächten ihre höchsten Werte Konzentration aufweisen. Man kann daher annehmen, dass die dunklen wolkenlosen Nächte hauptsächlich in den Sommermonaten auftreten, während die Feinstaub belasteten hellen bewölkten Nächte eher im Winter zu finden sind.

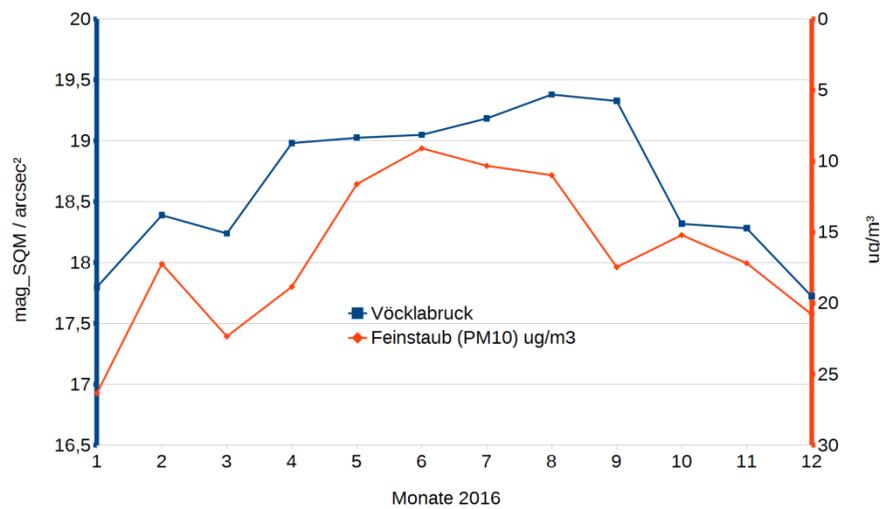
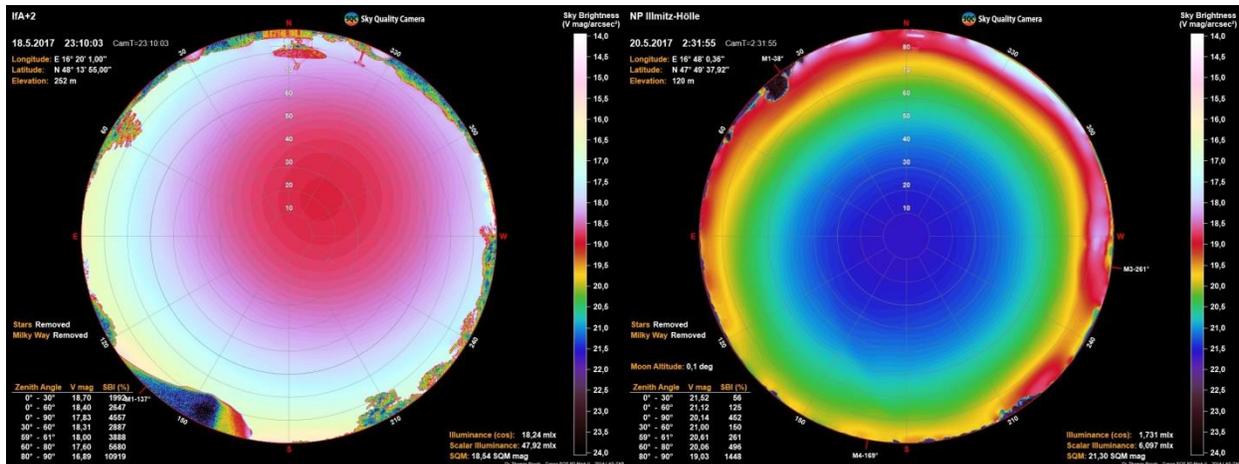


Abbildung 21 - Vergleich der Monatsmittelwerte der PM10- Feinstaubkonzentration (rot) mit den Monatsmittelwerten der NHH (blau) für den Standort Vöcklabruck im Jahr 2016. Man beachte den ähnlichen globalen Verlauf der beiden Kurven.

4.9 | Ermittlung der Lichtverschmutzung durch All-Sky-Aufnahmen

Auf der Grundlage von 360°-Aufnahmen des Nachthimmels durch Fischaugenobjektive ist es mithilfe der Software „Sky Quality Camera“ möglich, zweidimensionale Matrizen über die künstliche Erhellung zu erhalten. Um diese zu erstellen, werden die RAW-Daten der entsprechenden Kamera sowie die Koordinaten des Aufnahmeortes benötigt. Die Kamera wird hierbei in eine Nord-Süd-Ausrichtung mit der Kamera-Chip-Ebene parallel zur Horizont-Ebene gebracht, und es wird je nach vorheriger Messung der Zenithelligkeit, zum Beispiel per SQM, entsprechend zeitlich variabel belichtet. Als Beispielaufnahmen wurden zwei Standorte gewählt, zum einen am Institut für Astrophysik in Wien sowie im Nationalpark Neusiedler-See Seewinkel auf Höhe Illmitz-Hölle. Beispiele sind in den Abbildungen 22 und 23 zu sehen. Die jeweilige farbliche Kodierung zeigt hierbei die unterschiedlichen zweidimensionalen Verteilungen der Nachthimmelshelligkeit an.

Für die Messstandorte in Oberösterreich ist die Ermittlung der zweidimensionalen Verteilungen der Nachthimmelshelligkeit noch ausständig. Der Vorteil dieser Methodik gegenüber Messungen mit dem SQM liegt darin, dass man individuelle Lichtglocken am Horizont erkennen kann (z.B. in Abb. 23 rechts oben) und dass man so Quellen der Lichtverschmutzung identifizieren kann.



Abbildungen 22 und 23 – Beispiele für die zweidimensionale Erfassung der Nachthimmelshelligkeit anhand von Fischaugen-Aufnahmen: 1) Abb. 22: am Institut für Astrophysik in Wien (links, aufgenommen am 18.05.2017), 2) Abb. 23: im Nationalpark Neusiedler See-Seewinkel auf Höhe Illmitz-Hölle (rechts, aufgenommen am 20.05.2017); die Auswertung erfolgte mit der Software „Sky Quality Camera“.

Station	mean total	clear total	mean neumond	mean vollmond	min	max	σ_{SD}	N						
Braunau	18,5	4420,8	20,2	898,2	19,0	2661,1	17,6	10188,9	16,1	38692,2	20,4	727,4	1,1	839
Feuerkogel	20,7	586,7	21,8	209,1	21,4	285,3	18,6	3747,6	16,8	21278,6	23,5	42,3	1,1	637
FOA	19,8	1294,5	21,3	312,7	20,6	617,4	17,8	8137,5	16,6	24970,3	24,0	28,4	1,2	1366
Freistadt	18,7	3643,7	20,2	918,2	19,3	2154,8	17,9	7460,6	15,6	64527,3	20,5	709,7	1,2	580
Giselwarte	20,0	1084,2	21,3	320,1	20,8	536,9	18,5	4358,6	16,8	21333,6	23,9	29,2	1,1	835
Grüeskirchen	18,6	3768,0	20,2	931,5	19,3	2111,0	17,9	7769,4	15,7	58111,7	20,6	640,5	1,2	588
Grünbach	20,3	815,8	21,6	250,8	21,3	339,2	18,3	5365,7	16,5	27559,0	22,4	116,8	1,2	835
IFA	17,1	16060,6	18,4	4765,6	17,6	10005,9	16,4	29104,1	14,5	166503,6	19,2	2298,4	0,9	839
Kirchschlag-Davidschlag	20,4	763,7	21,6	249,5	21,1	381,6	18,4	4545,8	16,8	19834,6	23,9	30,0	1,1	721
Krippenstein	20,8	511,4	21,9	193,7	21,5	281,2	19,0	2661,5	17,2	14089,8	23,0	67,7	1,1	413
Linz-Goethestraße	17,3	13403,1	19,0	2760,1	17,7	8890,7	17,1	15898,7	14,2	232693,2	19,3	2118,9	1,2	841
Linz-Schlossmuseum	17,4	11343,1	19,2	2331,3	17,9	7514,8	17,2	13964,4	14,6	154519,7	19,6	1578,6	1,2	843
Linz-Sternwarte	17,7	8610,2	19,5	1680,5	18,2	5444,9	17,3	12619,9	15,0	107721,8	19,8	1290,3	1,1	839
Losenstein-Hohe Dirn	20,8	519,1	21,8	198,6	21,6	243,2	18,7	3686,4	15,0	107335,6	23,8	33,9	1,4	528
Mattighofen	19,1	2535,8	20,8	533,1	19,7	1409,5	17,8	7979,0	16,1	40148,0	21,0	418,0	1,2	719
Münzkirchen	19,7	1404,2	21,2	341,6	20,5	660,6	18,0	6571,7	16,2	35015,8	21,5	270,5	1,1	840
Nationalpark-Bodinggraben	20,9	454,3	21,8	209,3	22,0	164,3	18,1	6127,1	16,9	18224,8	23,4	49,1	1,5	244
Nationalpark-Zöblboden	20,9	470,4	21,9	192,5	22,0	173,2	18,5	4424,2	16,7	22310,2	23,9	28,6	1,4	803
Pasching	18,5	4197,9	20,1	983,2	19,1	2532,9	17,7	8817,0	16,1	38756,4	21,0	448,2	1,0	743
Steyr	18,3	5067,4	20,3	843,2	18,7	3495,2	17,6	10132,6	15,6	61373,9	21,9	187,6	1,2	837
Steyregg-Weih	17,9	7341,2	19,7	1488,8	18,4	4734,1	17,4	11759,7	15,3	85032,3	19,8	1252,1	1,1	840
Traun	18,2	5784,7	19,8	1275,3	18,6	3779,6	17,7	9098,9	15,6	60309,2	21,1	408,6	1,1	753
Ulrichsberg-Schöneben	20,1	967,8	21,6	256,5	21,0	428,6	18,2	5927,2	16,5	26029,4	22,4	118,7	1,3	574
Vöcklabruck	18,7	3687,1	20,4	721,0	19,1	2440,0	17,7	9099,1	16,0	43613,8	22,0	164,4	1,1	743
Wels-Rathaus	17,6	9552,1	19,4	1885,4	18,1	6363,7	17,2	14336,0	14,9	119669,6	19,7	1387,6	1,2	843

Tabelle 3 - Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse und Zusatzinformationen zu den Datensets. „Mean total“ bezieht sich auf den gesamten Zeitraum der Messungen und ist nicht bereinigt, „clear total“ bezieht sich auf die dunkelsten Nächte pro Monat. **Die erste Zahl pro Spalte ist in $\text{mags}_{\text{SQM}}/\text{arcsec}^2$, die zweite in $\mu\text{cd}/\text{m}^2$.**

Station	Bevölkerung	Standorttyp	Lage der Station	Betrieb seit	Koordinaten
Braunau	16 716	Urban	Ebene, Stadtgebiet	06.09.2014	E 13 2' 40.628"N 48 15' 40.374"
Feuerkogel	0	Rural	Berghang	25.03.2015	E 13 43' 14.657"N 47 48' 57.121"
Freistadt	7703	Suburban	Ebene, Stadtgebiet	21.05.2015	E 14 30' 6.764"N 48 30' 33.206"
Grieslawarte	0	Rural	Hügelkuppe	06.09.2014	E 14 15' 11.354"N 48 23' 3.426"
Grieskirchen	4905	Suburban	Ebene, Stadtgebiet	21.05.2015	E 13 49' 33.215"N 48 14' 3.754"
Grünbach	1887	Suburban	Hügelkuppe	06.09.2014	E 14 34' 30.223"N 48 31' 50.272"
Kirchschlag-Davidschlag	2103	Suburban	Hügel	15.12.2014	E 14 16' 26.314"N 48 26' 30.919"
Krippenstein	0	Rural	Hochgebirge	04.11.2015	E 13 41' 35.974"N 47 31' 23.203"
Linz-Schlossmuseum	20 0841	Urban	Hügelkuppe	06.09.2014	E 14 16' 58.102"N 48 18' 19.102"
Linz-Goethestraße	20 0841	Urban	Ebene, Stadtgebiet	06.09.2014	E 14 18' 29.466"N 48 18' 19.102"
Linz-Sternwarte	20 0841	Urban	Hügelkuppe	06.09.2014	E 14 16' 5.923"N 48 17' 36.366"
Losenstein-Hohe Dirn	1626	Rural	Hanglage	21.05.2015	E 14 24' 40.169"N 47 54' 22.248"
Mattighofen	6144	Suburban	Ebene	15.12.2014	E 13 9' 6.419"N 48 5' 50.035"
Münzkirchen	2575	Suburban	Ebene	06.09.2014	E 13 33' 29.002"N 48 28' 45.001"
Nationalpark-Bodinggraben	0	Rural		29.06.2016	E 14 23' 37.799"N 47 47' 30.901"
Nationalpark-Zölboden	0	Rural	Hügelkuppe	06.09.2014	E 14 26' 27.492"N 47 50' 17.491"
Pasching	7274	Suburban	Ebene	15.12.2014	E 14 12' 36.184"N 48 15' 31.252"
Steyr	38 344	Urban	Hügelkuppe	06.09.2014	E 14 26' 32.01"N 48 2' 57.268"
Steyregg-Weih	5032	Suburban	Hanglage	06.09.2014	E 14 21' 13.039"N 48 17' 18.701"
Traun	24 066	Urban	Ebene	05.12.2014	E 14 15' 10.836"N 48 14' 7.89"
Ulrichsberg-Schöneben	2836	Suburban	Hochebene, Hügelband	21.05.2015	E 13 56' 44.3"N 48 42' 20.383"
Vöcklabruck	12 175	Urban	Ebene, Stadtgebiet	15.12.2014	E 13 38' 42.806"N 48 0' 20.48"
Wels-Rathaus	60 382	Urban	Ebene, Stadtgebiet	06.09.2014	E 14 1' 29.168"N 48 9' 22.99"
Graz	280 200	Urban		E 15 29' 37"N 47 4' 1.999"	
Wien	1 840 573	Urban	Hügel, Stadtgebiet	23.11.2011	E 16 20' 3.001"N 48 13' 54.001"
Mitterschöpfung	0	Rural	Hügelkuppe	16.11.2012	E 15 55' 23.999"N 48 5' 3.001"

Tabelle 4 - Übersicht und Zusammenfassung der wichtigsten Eckdaten aller Stationen.

Öffentlicher Zugang zu naturnaher Nacht („Sternenparks“ bzw. Nachthimmelsreservate)

5 | Zusammenfassung für Entscheidungsverfahren

Sternenpark-Zertifizierungen fordern (1) die Dokumentation der Nachthimmelsqualität, (2) Anpassungen des Nacht-Schutzes an bestehende Schutzziele (Natur, Kultur, Erholung), (3) ein umfassendes Beleuchtungsmanagement, (4), dem Thema angepasste Bildungsprogramme. In Oberösterreich ist die Naturnacht, ortsabhängig noch so gut erhalten, dass die Himmelsqualität auch die Zertifizierung nach den höchsten Ansprüchen ermöglicht.

Das wird im Folgenden anhand einer Topographie der Nacht für Oberösterreich aufgezeigt. Mit Bezug auf die ersten Ergebnisse des Landeslichtmessnetzes und auf der Basis der Daten des Weltatlas der Nachthimmelsaufhellung werden Vorschläge für Sternenparks in Oberösterreich ausgearbeitet, die von einem Naturnacht-Gebiet auf dem Dachsteinplateau bis zu urbanen Sternenparks in den größten Städten reichen. Dazwischen liegen mögliche Gebiete mit leichter zugänglichen Standorten und klimatisch milderen Nachtbedingungen im Umkreis des zentralen Städtedreiecks, im Böhmerwald und im Freiwald.

Die Umsetzung eines zertifizierten Sternenparks besteht aus unterschiedlichen Komponenten:

1. Ein **regelmäßiges Messprogramm für den Nachthimmelszustand** – es kann bei passender Strategie und für alle Zertifizierungsprogramme großteils durch das schon vorhandene Landesmessnetz und eine Handvoll von Einzelaufnahmen pro km² erfüllt werden.
2. Die **Erstellung eines Leuchtenkatalogs und die Umsetzung einer umweltfreundlichen Beleuchtung** (wichtigste Kriterien: maßvolle Intensität, Vollabschirmung, Blaulichtvermeidung). Das ist der eindeutig größte Aufwand, da er die Kontrolle der Ursache der Himmelsaufhellung selbst, das Kunstlicht im Außenraum betrifft. Je nach Zertifizierung reicht der Aufwand von der Komplettumstellung oder der Umstellung des überwiegenden Anteils des Lichts innerhalb von 5 Jahren unter de facto professioneller Planung (IDA) bis zu einer Erfassung des Zustandes im Gemeindegebiet per Fragebogen („bestirnte Dörfer“ der französischen ANCPEN). Einen wesentlichen Aufwandsfaktor liefert der Leuchtenbestand selbst: in praktisch beleuchtungsfreien (etwa hochalpinen) Gebieten ist der Aufwand jedoch minimal.
3. **Die Erstellung eines Parkmanagements-, Veranstaltungs- und Bildungsplans, sowie die Implementierung entsprechender Programme** – dies bedeutet unterschiedlichen Aufwand, der von freiwillig betreutem Sterngucken, getragen von ehrenamtlichen Astronomie-Vereinen, bis zu Naturlehr-Programmen im Nationalpark Format reicht.

5.1 | Aufgabenstellung

Ziel der folgenden Kapitel ist es, die erste Übersicht über die künstliche Aufhellung der Nacht in Oberösterreich zu geben. Daraus sollen die Möglichkeiten der Einrichtung von Sterneparks sowie der Nutzung für die Naherholung und den Tourismus abgeschätzt werden. Zuletzt wird eine Übersicht über erreichbare Ziele, die Erfordernisse und notwendigen Bedingungen für den Schutz der Nacht, inklusive von Zertifizierungen und eine Abschätzung des Aufwandes dafür gegeben. **Eine mögliche Roadmap für empfohlene Maßnahmen zur Erhaltung der Nacht und die touristische Nutzung der Ressource Naturnacht wird gegen Ende skizziert.**

5.2 Warum brauchen wir Bewahrungsorte der Nacht?

Die zunehmende Licht-Nutzung ist von steigenden Lichtimmissionen begleitet, die zur künstlichen Aufhellung der Nacht führen. Im vergangenen Jahr (2016) wurden aus den neuesten Satellitenmessungen der Zenit-gerichteten Lichtemissionen, dem Kenntnisstand über die Richtungsabhängigkeit der urbanen Lichtabstrahlungen und einfache Annahmen über Topographie und Atmosphärenzustand ein *Weltatlas der künstlichen Nachthimmelaufhellung* neu ermittelt. Er zeigt in Mitteleuropa praktisch überall mindestens eine Verdopplung der Nachthelligkeit gegenüber dem natürlichen Niveau. **Demnach leben 99% der europäischen Bevölkerung unter licht-verschmutzten Himmeln.** Im überwiegenden Teil Europas übertrifft das Kunstlicht das Naturlicht um große Faktoren, die in dicht besiedelten Regionen bereits 1.000 und mehr erreichen. Im urbanen Raum ist das Licht über den Städten permanent so stark, dass das menschliche Auge nicht mehr in den Bereich des Nachtsehens gelangen kann. Es spielt für die Lichtverhältnisse keine Rolle mehr, ob Vollmond oder Neumond ist. Für die absehbaren Zeiträume ist die natürlich dunkle Nacht verschwunden. In den Städten herrscht nach Sonnenuntergang die andauernde Dämmerung. Viele Phänomene der Nacht und des Nachthimmels, wie etwa die Milchstraße sind für die meisten Menschen nicht mehr ohne besonderen Reiseaufwand erfahrbar. Bis **Immissionsschutzgesetze** die Erhellung der Nacht beschränken sind deshalb ausgewiesene **Schutzgebiete** der Nacht eine Notwendigkeit um die Naturnacht mit ihrer einzigartigen Schönheit des Firmaments sowie Phänomene wie die Milchstraße und Sternschnuppen erlebbar zu machen. Diese Verknappung des „Gutes Nacht“ eröffnet aber gleichzeitig ein völlig neues, sich rasch entwickelndes Feld für Bildung, Erholung und Tourismus. **Wir leben in Zeiten eines Sternepark-Booms.**

6 | Nachtlicht in Oberösterreich

Um einen raschen, vollständigen Überblick über die zu erwartenden typischen Nachtlicht-Verhältnisse in Oberösterreich zu bekommen nutzen wir die Daten des *Weltatlas der Nachthimmelsaufhellung*, Falchi et al. (2016), in der Folge kurz *Weltatlas*.

Der Weltatlas geht von den Daten des VIIRS Instrumentes des Suomi NPP Satelliten aus, der von NASA, NOAA und dem Amerikanischen Verteidigungsministerium betrieben wird. Das VIIRS Instrument misst das senkrecht oder nahezu senkrecht nach oben abgegebene Licht weltweit. Um eine vollständige Karte zu erhalten, werden die Daten von Überflügen bei wolkenlosen Bedingungen verglichen, und jene Lichter berücksichtigt die „stabil“ sind, also wiederholt auftreten. Der Satellit ist in einem sonnensynchronen Orbit und fliegt daher immer zur *selben lokalen Nachtzeit* über die verschiedenen Orte der Erde. Die Überflüge finden immer um *1h30 früh Lokalzeit* statt, unabhängig von der gesetzlichen Zeit, also um etwa 2h30 bei Sommerzeit. Die Daten sind daher im Falle Oberösterreichs für Bedingungen nach Mitternacht typisch, und sind von daher als Untergrenzen zu betrachten. Es dauert etwa ein Monat um Daten zu sammeln, die ausreichen um eine Karte zu einem Mosaik zusammenzufügen. Der Weltatlas enthält Daten aus den Monaten Mai, Juni, September, Oktober, November und Dezember 2014, für den Stand 2017 müssen wir mit der Entwicklung für drei Jahre rechnen.

Das Licht, das der Satellit direkt misst hat die Erdatmosphäre verlassen und trägt nicht mehr zur Himmelsaufhellung bei. Bei jeder Lichtquelle die nach oben strahlt ist aber davon auszugehen, dass ein Teil des Lichts auch seitlich in die Atmosphäre abgegeben wird. Dieser Teil wird dann, nach einer Umlenkung in der Atmosphäre von dort Richtung Boden gelenkt. Vom Boden betrachtet erhellt dieser Anteil dann den Himmel und führt zur Veränderungen im Erscheinungsbild sowie der Beleuchtungsstärke am Boden. Um diese Aufhellung zu ermitteln nutzen Falchi et al. (2016) an Messungen angepasste, vorgegebene urbane Richtungsverteilungen um aus den Satellitenmessungen die Abstrahlraten in alle Richtungen abzuschätzen. Nach der Emission wird die Strahlungsausbreitung durch die Atmosphäre *berechnet* und für jeden Ort aus den Beiträgen aller relevanten Quellen der Umgebung diejenige Menge Licht ermittelt die in die Richtung nach unten abgegeben wird und aus der daher der Leuchtdichte des Zenits ableitbar ist. Die wird ähnlich einer Farbdarstellung von Berghöhen in der Karte eingetragen. Da dieses Verfahren recht aufwendig ist mussten Falchi et al. (2016) auf die Berücksichtigung der Topographie verzichten. Die davon abhängige Berechnung, etwa der Beschattungen durch Berge ist im Atlas nicht enthalten. Im Gebirge, auf Hochebenen und vor allem im Schatten mehrerer Bergketten ist deshalb mit Abweichungen vom Atlas zu rechnen. In der Regel wird der Weltatlas die Himmelshelligkeit in den Bergen deshalb überschätzen, allerdings kann es bei hoch gelegenen Lichtquellen auch zu Unterschätzungen kommen.

Ziel ist es aber hier, die Lichtverschmutzung in Oberösterreich übersichtlich zu erfassen, und das leistet der Atlas am effizientesten. Die Abweichungen werden stichprobenartig mit Hilfe der ersten Daten des Oberösterreichischen Lichtmessnetzes überprüft und liegen für August 2015 innerhalb eines Faktors von rund 2, vgl. Abb. 24.

6.1 | Übersicht über die Aufhellung des Nachthimmels in Oberösterreich

Wir nehmen die Ergebnisse des Weltatlases der künstlichen Nachthimmelsaufhellung und stellen sie passend für die Einrichtung von Sterneparks und die touristische Nutzung dar. Wir gehen davon aus, dass ähnlich wie bei Tage, die Attraktivität von erlebbaren und im wörtlichen Sinne sichtbaren und erfahrbaren Phänomenen das Besucherinteresse bestimmt. Eine Reihe von Referenzphänomenen sind dabei denkbar, wir beschränken uns hier aber auf die **Sichtbarkeit der Milchstraße** als Hauptreferenz.

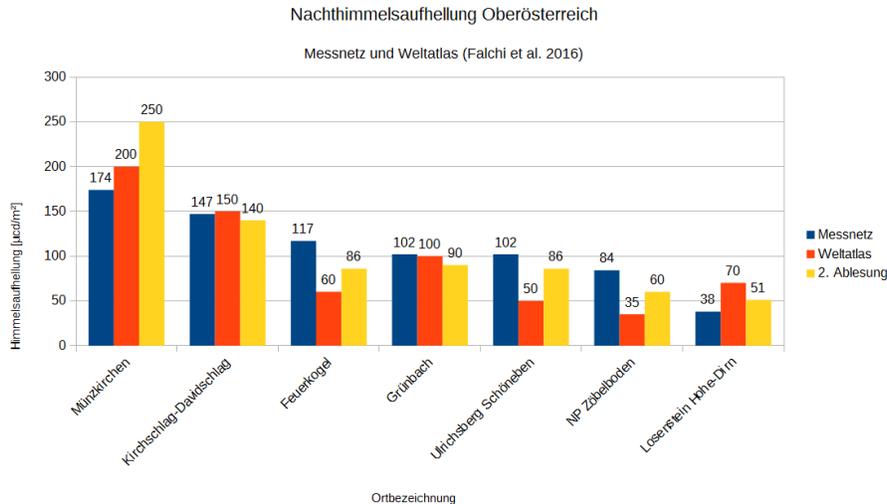


Abbildung 24 - Vergleich zwischen ersten Daten des oberösterreichischen Lichtmessnetzes (2015) und dem Weltatlas der künstlichen Nachthimmelsaufhellung (Falchi et. al 2016), anhand eines Maßes für die künstliche Himmelsaufhellung. Angegeben sind die Werte der künstlichen Exzess-Leuchtdichten des Zenits in $[\mu\text{cd}/\text{m}^2]$. Das sind jene Werte, die zu den mit $174 \mu\text{cd}/\text{m}^2$ angenommenen natürlichen zu addieren sind, um die vor Ort vorfindende Summe aus natürlicher und künstlicher Leuchtdichte (Lichtmenge pro Fläche am Himmel) zu erhalten. Nachtmittelwerte des Lichtmessnetzes Oberösterreich für eine mondlose Nacht für ein visuell als wolkenlos verifiziertes Schönwetterdatum im August 2015 (blau) sind mit Ablesungen aus dem Weltatlas verglichen (rot und gelb). Die gelben und roten Werte unterscheiden sich durch die Art der Interpolation im Gitter und der Klassifizierung der Leuchtdichtewerte des Atlases (Gitterweite $30''$ oder rund 926 m) und geben einen Eindruck von den Unsicherheiten.

Für das mögliche Ziel der Erhaltung der Biodiversität, wie etwa in Nationalparks, wird zusätzlich ein naturnaher Zustand der Nacht, den wir über die Abwesenheit künstlicher Aufhellung nach Konvention der Internationalen Astronomischen Union (IAU) klassifizieren, angezeigt.

Auch die verschiedenen Zertifizierungssysteme orientieren sich an Skalen die wiederum an Himmelsphänomene angelehnt sind, sodass unser phänomenologischer Zugang sich auch für die Diskussion der Sternlicht-Gebiets-Einrichtung eignet.

Es wäre möglich, die künstliche Himmelaufhellung, die im Zenit zusätzlich zum Naturlicht zu erwarten ist, also die künstliche Exzess-Leuchtdichte in direkter Analogie zu Höhenreliefs oder Höhenlinien mittels einer gleichmäßigen farblichen Abstufung darzustellen. **Für unseren Zweck der Nachthimmels-Schutzgebiete färben wir die Himmelaufhellung aber nach den jeweils gerade noch sichtbaren Phänomenen sowie den wichtigsten Referenzpunkten für unsere Wahrnehmung und die praktische Abwesenheit der Aufhellung ein. Das Ergebnis ist in Abbildung 25 dargestellt.**



Abbildung 25 - Karte der künstlichen Aufhellung der Nacht in Oberösterreich. Dargestellt ist die künstliche Leuchtdichte gemessen in $[cd/m^2]$. Die verschiedenen Farben markieren Aufhellungswerte, die sich an der Sichtbarkeit der Milchstraße, der praktischen Abwesenheit der künstlichen Aufhellung sowie der Unmöglichkeit des menschlichen Nachtsehens orientieren. Farbdarstellung der Nachthimmelaufhellung auf der Basis der Daten von Falchi et. al 2016; Hintergrundkarte: OpenStreetMap Cycle Map; rosa Punkte markieren Stationen des Lichtmessnetzes des Landes Oberösterreich, grüne Punkte die Landes- und rote Punkte die Bundesgrenze; Bezirksgrenzen sind schwarz markiert. Blaue und durchscheinende Regionen sind, den Atlasdaten folgend laut IAU-Konvention naturnah; grüne Bereiche erlauben die Sichtung (von Teilen) der Wintermilchstraße. In gelben Bereichen sind zumindest Teile der helleren Sommermilchstraße noch sichtbar. Rote Regionen markieren Orte, in denen es dem menschlichen Auge, wegen der starken künstlichen Aufhellung, unmöglich ist in den Nachtmodus zu kommen, um lichtschwächere Dinge zu erkennen.

6.2 | Nachtlicht-Regionen in Oberösterreich

Aus der an Phänomenen orientierten Karte der Himmelsaufhellung in Oberösterreich, Abbildung 25 ergibt sich sofort eine Gliederung:

1. Regionen mit großräumigen Bereichen von Naturhimmel oder naturnahem Himmel, die im „Weltatlas“ künstliche Aufhellungen zeigen, die zu Bedingungen unterhalb der IAU-Grenze für Lichtverschmutzung passen. Sie sind in Abbildung 25 hellgrau, dunkelblau und hellblau dargestellt. Es handelt sich um die **Gebirgsstöcke**, die z.T. die südliche Landesgrenze bilden:

1. das Dachstein-Massiv,
2. das Tote Gebirge, und
3. die Bergstöcke des Nationalparks Kalkalpen, also Reichraminger Hintergebirge und Sensengebirge,
4. die südwestlichen Teile des Höllengebirges, und
5. das Almtal, insbesondere sein Südteil.

Hier können alle Phänomene des Nachthimmels beobachtet werden und Zertifizierungen der höchsten Sternlicht-Kategorien sind sehr wahrscheinlich möglich. Die Kombination von Alpenhimmel mit Alpenpanorama macht diese Regionen zu ästhetisch herausragenden Zielen, mit einzigartiger Attraktivität für den potentiellen Naturnacht- und Sternlicht-Tourismus.

Diese Himmel sind ohne synoptische Messungen und für Nicht-ExpertInnen praktisch ununterscheidbar von den Bedingungen der **besten Plätze der Welt**. Lediglich durch die Art der natürlichen Schwankungen und die Art der Horizontaufhellung ist eine Unterscheidbarkeit von Naturhimmeln denkbar.

2. (kleinere) Inseln der Naturnacht:

1. Der Kobernaußer Wald;
2. der Böhmerwald, insbesondere der NW;
3. der Freiwald, insbesondere der NO-Teil;
4. die Berge des Attergaus;
5. das Almtal, insbesondere sein Nordteil.

Hier kann ein Großteil der Phänomene des Nachthimmels noch beobachtet werden und vor allem im grenznahem NO-Teil des Freiwaldes müssen noch robuste, naturnahe Bedingungen herrschen. Generell ist bei einem Anstieg der Nachthimmelsaufhellung zunächst mit dem Verschwinden der Naturbedingungen im Attergau, dann im Kobernaußer Wald und zuletzt von West nach Ost im Böhmerwald zu rechnen.

3. Regionen mit noch guter Sichtbarkeit der Milchstraße

Außerhalb eines Dreiecks, das den Gemeindegebieten von Linz, Wels und Steyr in einem Abstand von im Mittel rund 20 km umschrieben ist, sollte die Wintermilchstraße noch sichtbar, und die Sommermilchstraße noch recht eindrucksvoll sein (grüne Gebiete in **Abbildung 25).** In diesen Gegenden kann, wenn Blendung vermieden werden kann, noch ein wichtiger Teil der kulturell relevanten Phänomene des Himmels nachvollzogen werden. An sorgfältig ausgewählten Orten lohnt es die Einrichtung von Sternlichtoasen zu prüfen. Da der Atlas diese Gebiete als deutlich Lichtverschmutzt ausweist und die genauen Sichtbedingungen von der Topographie (die der Weltatlas nicht berücksichtigt) und den örtlichen Beleuchtungspraktiken abhängig ist, kann die tatsächliche Sichtbarkeit relativ zur erwarteten stark schwanken.

7 | Nacht-Zertifikationen

7.1 | Kriterien für die Zertifikation

Historisch brachte die Nachthimmelsaufhellung zuerst jene Phänomene des Firmaments zum Verschwinden, die lichtschwach und sehr flächig sind. Dazu gehören ferne **Galaxien, Kometen, der Gegenschein und das Zodiaklicht, aber auch die Milchstraße und die Sternschnuppen**. Deshalb galt die Suche nach geeigneten Himmeln den optimalen Himmelsbedingungen, um sogenannte „Deep Sky-Objekte“ beobachten zu können. Diese sieht man am besten, wenn der Himmel „dahinter“ – von der astronomischen Fotometrie her stammend als *Himmelshintergrund* bezeichnet – möglichst dunkel ist. Daher vermutlich der im Englischen groß gewordene Begriff der „Dark Skies“ und der „Dark Sky Parks“, denn die gesuchten Nebelobjekte zeichnen sich dann vor dem dunklen Hintergrund besser ab, oft am besten auch abseits der Milchstraße.

Dass es unter diesen „Dark Sky“-Bedingungen für das Auge auch sternhell ist und die Sterne besonders brillant leuchten, war der Teleskop-orientierten Amateurastronomie ursprünglich nicht so wichtig. Erst mit dem Verschwinden der Milchstraße wurde der Gesamthimmel immer wichtiger, und die Konzepte begannen in den für den Sternlicht-Tourismus wichtigen „helleren Teil“ der Astronomie zu wandern.

Dies ist wichtig, um die unterschiedlichen Zertifizierungen besser zu verstehen, die aus diesen Konzepten entstammen und versuchen die Ressource Nacht zu bewerten und zu bewahren.

1. Zenit-Helligkeit des klaren mondlosen Nachthimmels: dies gibt den Wert für den „Himmelshintergrund“ an, an der Stelle, an der er am geringsten ist: im Zenit. Besser kann es nicht werden und ein „Deep-Sky“-Fernrohrbeobachter weiß sofort, was er oder sie im Teleskop im besten Fall gerade noch sieht. Daraus ergeben sich die Leuchtdichten, die in den meisten Zertifikaten als Obergrenzen gefordert sind, und wie sie über Magnituden pro

Bogensekundenquadrat [mag/arcsec^2] oder in Candela pro Quadratmeter [cd/m^2] spezifiziert werden.

2. ***Circularer Lichtrhythmus:*** Neumond und Vollmondnächte unterscheiden sich um bis zu einem Faktor 1000 in der Beleuchtungsstärke und geben so einen Monatsrhythmus für die nachtaktiven Arten an. Mit der künstlichen Nachtaufhellung wird diese Amplitude immer kleiner und verschwindet letztlich in den Städten mit ihrem permanenten künstlichen Dämmerlicht. Dort wo es noch eine Amplitude gibt, kann man das Mondlicht erleben, wie etwa die Schatten oder Farben der Naturnacht. Ein Ansatz der vielleicht den breitesten Zugang zum Nachttourismus ermöglicht und derzeit bereits in einer Art Boom für Nachtskitouren und **Vollmondwanderungen** touristisch genutzt wird.

3. ***Beleuchtungsbestand:*** Abseits von großen Metropolen sind die nächtlichen Lichtverhältnisse durch die lokalen Lichtquellen bestimmt. Sie bedingen die Aufhellung der Nacht und die Sichtbedingungen für Nachthimmel und Nachtlandschaft. Auch wegen der besonders kritischen Frage der Blendung und der Nachtadaption des menschlichen Auges enthalten die meisten Zertifizierungen als Kernelement eine Erhebung, Planung und Verbesserung des Leuchtenbestandes. Die anglo-amerikanischen und kanadischen Zugänge (IDA, RASC) fordern das im wesentlichen unabhängig vom Betreiber der Beleuchtung (kommunal oder privat).

4. ***Management-Pläne für Licht:*** Neben der Möglichkeit der Neuinstallation von Qualitäts-Licht, die wegen der Investitions-Zyklen im dem Bereich von jenseits der 20 Jahre liegt, gibt es alternativ die Möglichkeit die Lichtverhältnisse und Sichtbedingungen durch Maßnahmen beim Betrieb (Teilnachtschaltungen, Retrofits der Leuchtmittel, Umbaumaßnahmen, Notwendigkeitsanalysen, Dimmung, Spezialschaltungen für Tourismus-Events) umweltverträglicher zu gestalten. Auch diese Möglichkeit wird in den meisten Zertifikaten im Rahmen von geforderten Management-Plänen genutzt.

7.2 | Zertifikate

Nach dem Bekanntheitsgrad im deutschsprachigen Raum gereiht, werden die wichtigsten Zertifikate und ihre Hauptvarianten vorgestellt. Das sind:

1. das ***Dark Sky Places*** (Orte dunklen Himmels) Programm der US-amerikanischen *International Dark Sky Association (IDA)*, für das die Verbesserung der Beleuchtungsqualität ein wesentlicher Ausgangspunkt war;

2. das ***Starlight*** (Sternlicht) Programm der *Starlight Initiative*, deren Ausgangspunkt die Deklaration von La Palma und der Schutz des Nachthimmels, des kulturellen und des Naturerbes war;

3. die « ***Villes es village étoilés*** » (bestirnte Städte und Dörfer) der französischen *Association National pour la Protection du Ciel et de l'Environnement Nocture (ANCPEN)*;

4. die *Dark Sky Site Designations* (Auszeichnungen für Stätten mit dunklem Himmel) der königlichen kanadischen astronomischen Gesellschaft (RASC) gemeinsam mit der kanadischen Parkbehörde (Parcs Canada);

5. *Vertrags-Sternlichtgebiete*, unter denen wir hier Zusammenschlüsse lokaler Interessensgruppen verstehen, die sich im Rahmen gemeinsamer Erklärungen und Verträge Selbstverpflichtungen zum Schutz und der Zugänglichkeit der nächtlichen Umwelt auferlegen.

7.2.1 | „Dark Sky Places“ – Orte dunklen Himmels gemäß der IDA

Die Zertifizierungsprogramme der *International Dark Sky Association* (IDA) unterscheiden drei Hauptgruppen von „Orten dunklen Himmels“, die jeweils weiter, vor allem nach Himmelseigenschaften und Gebietsgröße, unterteilt werden. Sie müssen Lichtverordnungen nach der Musterform der Modelllichtordnung (Model Lighting Ordinance, MLO, Aktuelle Fassung vom Juni 2011) der IDA erlassen, umsetzen und durchsetzen.

7.2.1.1 | IDA Dark-Sky-Communities - Gemeinden mit dunklem Himmel

Nach den gültigen Richtlinien der IDA (Oktober 2015) ist eine Dark-Sky Gemeinde ein Dorf, eine Stadt oder eine Großstadt, die einen außergewöhnlichen Einsatz für die Erhaltung des Nachthimmels durch Einführung und Durchsetzung (hier steht im Original das legistische „enforcement“) von Lichtgesetzen („codes“), Bildungsprogramme zu Nachthimmelsfragen, und der Bürgerunterstützung der „Dark Skies“ gezeigt hat.

Die Verpflichtung bzw. der Einsatz der Gemeinde oder Gemeinschaft für die bewerteten Ziele muss sich äußern durch:

1. Die kommunale Unterstützung des „Dark Sky“-Gedankens und einer umweltfreundlichen Beleuchtung, wie sie sich durch kommunale Publikationen, Flugblätter, den Verlautbarungen öffentlicher Dienstleister, der Finanzierung von Beleuchtungs-Verbesserungen etc. äußert.

2. Die Verpflichtung zur oder die Erfüllung der Vorschriften einer, nach der Musterlichtverordnung der IDA und der RASC (MLO) erlassenen Lichtverordnung für die gesamte im Eigentum der Stadt/Gemeinde befindliche Beleuchtung. Fall es sich um die Verpflichtung handelt, muss diese im Rahmen eines veröffentlichten Plans innerhalb von 5 Jahren umgesetzt werden. Insbesondere die vollständige Abschirmung (full cutoff) für alle Einzel-Installationen über 1500 Lumen.

Die Unterstützung muss von einer breiten Basis der Gemeinde/Gemeinschaftsorganisationen getragen werden. Beispiele dafür sind Handelskammern, Elektrizitätsversorger, die lokale IDA

Zweigorganisation, Beleuchtungshandel, Hauseigner-Gemeinschaften, etc.

Dazu kommt der Nachweis von Einzelerfolgen bei der Vermittlung von „Dark Sky“-Kompetenz und erfolgreicher Lichtverschmutzungskontrolle.

Erforderlich ist der Betrieb eines Himmelshelligkeitsmessprogrammes mit einer qualifizierten Partnerorganisation.

Die Zertifizierung ist dauerhaft, wird aber regelmäßig überprüft und kann zurückgezogen werden. Das erfolgt auch auf der Basis eines jährlich am 1. Oktober an die IDA einzureichenden Berichts.

Sollte die Gemeinde nicht über ausreichende Ressourcen verfügen um die Erfordernisse sofort zu erfüllen ist ein provisorischer Status möglich, der nach 3 Jahren erlischt, und währenddessen die Einreichung für den vollen Status möglich ist.

Als besonderen Nutzen der Zertifizierung gibt die IDA neben der internationalen Anerkennung, die Bewusstseinsbildung in Nachthimmelsangelegenheiten für alle Bewohner und Besucher, die öffentliche Präsentation des Dark Sky Community Logos sowie die Aufnahme in die Verzeichnisse und Webauftritte (On-Line-Karten) der IDA an.

7.2.1.2 | IDA Dark-Sky-Parks – Parks und Erholungsgebiete mit dunklem Himmel

Diese bestehen aus einem Stück Land das einen bestimmten Himmel und eine nächtliche Umwelt von außergewöhnlicher oder herausragender Qualität besitzen. Dieses Stück Land steht bereits unter spezifischem Schutz aus Gründen des wissenschaftlichen Erbes, des Naturerbes, des Wertes für die Bildung und Ausbildung (education), für das Kulturerbe und oder als öffentliches Erholungsgebiet. Das Land kann in öffentlichem oder Privateigentum stehen sofern seitens des oder der EigentümerInnen das Einverständnis für die permanente, andauernde öffentliche Nutzung und der Zugang zu den spezifischen Gebieten die in der IDA-Zertifikation ausgewiesen sind bestehen.

Hauptzielgebiete sind bestehende Parks und Schutzgebiete (Natur, Kultur, ...) der oben angeführten Widmungen aber auch privates Land kommt unter Zugangsgarantien in Frage. Eintrittsgelder sind zulässig, nicht aber in Kombination mit anderen verpflichtenden Leistungen und die öffentliche Zugänglichkeit muss regelmäßig und bei Nacht bestehen, zumindest für Teile des Gebiets oder Teile der Nacht unter Berücksichtigung der Erfordernisse etwa des Naturschutzes.

Der Park muss eine Himmelsressource bereitstellen die **relativ zu den Gemeinden und Städten der Umgebung herausragend ist**. Die Nachthimmelsqualität muss einem der IDA-Ränge „Gold“, „Silber“ oder „Bronze“ entsprechen.

Minimalanforderungen für IDA Dark Sky Parks sind:

1. Ein umfassender Lichtraum-Management Plan (Lightscape Management Plan, LMP) der die Richtlinien für gute Außenbeleuchtung (Guidlines for Outdoor Lighting in RASC Dark Sky Preserves and IDA Dark Sky Places; in der Folge kurz GOL) der IDA gemeinsam mit der RASC (siehe folgende Abschnitte) erfüllt;
2. Ein Regelwerk für die zeitlichen, räumlichen und Intensitätserfordernisse der Beleuchtung und Nicht-Beleuchtung;
3. Die vollständige Abschirmung aller Einzelinstallationen über 500 Lumen. Nicht vollständig geschirmte Leuchten brauchen einen Schaltplan;
4. Verfahren einzuführen die Bestimmung des geeigneten Leuchtentyps, mit den üblichen Zielen aber auch der Minimierung der Auswirkung auf die menschliche Dunkeladaption und die Nacht-Ökologie. Die Farbtemperatur (CCT) der im Park installierten Lampen sollte bei 2000 K liegen, und darf 3000 K nicht überschreiten;
5. Der LMP soll lokale Bestimmungen, anzuwendende Richtlinien und Gesetze erfüllen oder übererfüllen.
6. Der Park bezeugt seine Anerkennung der Themen des „Dunklen Himmels“ durch Aufnahme in die entsprechenden Managementdokumente;
7. Zum Zeitpunkt des Antrags müssen mehr als 2/3, d.h. 67% der Außenlichtinstallationen LMP-konform sein oder ein ausdrücklich extra genehmigter Anteil;
8. Die Erstellung eines Leuchtenverzeichnisses inklusive eines Planes 90% der Außenbeleuchtung innerhalb von fünf Jahren ab Erhalt der IDA-Auszeichnung LMP-konform zu machen und im Falle eines „sanctuary“ die schriftliche Verpflichtung, 100% zu erreichen.
9. Ein Messprogramm für die Erfassung der Lichtverschmutzung muss betrieben werden um die Entwicklung der Lichtverschmutzung zu verfolgen und sicherzustellen, dass sich die Nachthimmelsqualität nicht verschlechtert.
10. Ein Beispiel für die Vorreiterrolle des Parks bei der Wiederherstellung des „Dunklen Himmels“ (ein nachtfreundliches Beleuchtungsprojekt; Partnerschaften; Kooperationen mit Nachbargemeinden; Nutzung der Monitoring-Ergebnisse für die Öffentlichkeits- und Bildungsarbeit);
11. Die Verpflichtung des Parks zur Öffentlichkeitsarbeit und Ausbildung im Bereich der Themen des „Dunklen Himmels“.

Inspektion und Widerruf wie im Falle der „Gemeinden“ aus dem vorigen Abschnitt.

Als besonderen Nutzen der Zertifizierung gibt die IDA neben der internationalen Anerkennung für die Aktivitäten zum Schutz des „dunklen Himmels“ die Bewusstseinsbildung für alle Bewohner, Nachbarn und Besucher des Parks, die öffentliche Präsentation des Dark Sky Park Logos sowie dessen Nutzung für kommerzielle Unternehmungen sowie die Aufnahme in die Verzeichnisse und Webauftritte (On-Line-Karten) der IDA an. Zusätzlich kann die für das Schutz- oder Erholungsgebiet zuständige Körperschaft die IDA als Park-Partner anführen und sie muss öffentliche Schilder errichten, die den Status als Dark Sky Park anzeigen.

7.2.1.3 | IDA-Ränge für die Qualität des Nachthimmels

Sobald die Minimalerfordernisse erfüllt sind, wird der Park seitens der IDA mit einem Rang ausgezeichnet, der die abgeschätzte Himmelsqualität der Stätte anzeigt und seitens der IDA auf der Basis eingesendeter Informationen anhand einer Lichtverschmutzungs-, Himmelsphänomen- und Umwelt-Indikator-Tabelle vergeben wird.

Gold entspricht natürlicher, unverschmutzter oder naturnaher Nacht;

Silber entspricht nächtlichen Umweltbedingungen die von kleineren Auswirkungen von Lichtverschmutzung oder anderen durch künstliches Licht verursachten Störungen betroffen sind, jedoch immer noch Nachthimmel guter Qualität sowie beispielhafte nächtliche „Lichtschafte“ [vielleicht treffender Nachtlandschaften] (lightscares) bieten.

Bronze bezeichnet Gebiete, die die „Silber“-Anforderungen nicht erfüllen können, jedoch trotzdem Menschen, Pflanzen und Tieren einen Ort der Erholung und des Rückzuges (respice) innerhalb einer ansonsten stark belasteten nächtlichen Umwelt bieten.

IDA Rang („tier“)	Himmelshelligkeit	Grenzgröße	
		[$\mu\text{cd}/\text{m}^2$]	[mag]
	[mag/arcsec ²]		
Bronze	20,99 – 20,00	~423 - 1052	5,0 – 5,9
Silber	21,74 – 21,00	~212 - 419	6,0 – 6,7
Gold	> 21,75	> ~210	> 6,8 bei gutem Seeing

Tabelle 5 - Quantitative Kriterien für Dark Sky Ränge („tiers“) der International Dark Sky Association (IDA).

In der Spalte Himmelshelligkeit sind die geforderten Zenitwerte der Leuchtdichte des klaren, mondlosen astronomischen Nachthimmels angegeben. Das verwandte, aber nicht äquivalente Kriterium für die geforderte visuelle Grenzgröße findet sich in der ganz rechten Spalte. Es gibt die Magnitude (ein Maß für die Helligkeit) derjenigen Sterne an die man gerade noch mit dem dunkeladaptierten, freien Auge erkennen kann. Im Gold Bereich werden Zusatzbedingungen gestellt, da die visuelle Grenzgröße von weiteren Faktoren abhängt. IDA fordert hier eine Mindestluftruhe, da bei unruhiger Luft schwächere Sterne auch ohne Himmelsaufhellung schwerer erkennbar sind. Achtung: Zum Zweck eines Vergleichs mit der Karte für Oberösterreich sind 174 [$\mu\text{cd}/\text{m}^2$], als Naturwert des Himmels von den Werten der Spalte „Himmelshelligkeit, [$\mu\text{cd}/\text{m}^2$]“ abzuziehen.

7.2.1.4 | IDA Dark-Sky-Reserves – (große) Schutzgebiete dunklen Himmels

Gebiete von **mehr als 700 km²** mit außergewöhnlicher oder herausragender Qualität des gestirnten Himmels und einer nächtlichen Umwelt, die aus den bei den Parks genannten Zielen geschützt ist, können sich als „Reserves“ auszeichnen lassen. **Sie bestehen aus einer Kernzone, die Minimalanforderungen an Himmelsqualität und natürliche Dunkelheit erfüllt, sowie einer Pufferzone, die die Werte der Kernzone zu bewahren hilft und ähnliche Vorzüge aufweist. Die Flächen-Angabe „mindestens 700km²“ umfasst Kern- und Pufferzone.**³ Ein „Dark Sky Reserve“ konstituiert sich in Form eine Partnerschaft, die die Werte natürlicher Nachtlandschaften (natural nightscapes) anerkennt, sie durch Regulierungen und formale Abkommen schützt und im Rahmen einer Langzeitplanung umsetzt.

Derzeit gibt es weltweit elf IDA Dark-Sky-Reserves, davon zwei in Deutschland: (1) den Sternenpark Westhavelland (Rang „Silber“, ausgezeichnet 2014), und (2) den Sternenpark Rhön (Rang „Silber“, ebenfalls 2014); vgl. dazu <http://www.darksky.org/idsp/reserves/>

Neben den Bedingungen die schon bei den Parks aufgelistet sind, kommen noch

1. Vollständigkeits-Bedingungen für die Umsetzung des Lichtschutzes in der zugrundeliegenden, vorhandenen Zonierung der bestehenden Schutzkategorien hinzu. Wichtig ist die Einbeziehung einer Region innerhalb von einem Radius von ~15 km, oder einer dem effektiven Schutz angepassten Pufferzone.
2. Die Kernzone muss die Bedingungen für eine der Ränge „Gold“ bis „Bronze“ erfüllen und eine herausragende Ressource dunklen Himmels relativ zu den umgebenden Gemeinden darstellen.
3. Das „Reserve“ muss die Vorreiterrolle bei der Wiederherstellung des „dunklen Himmels“ anhand mehrerer Beispiele demonstrieren.
4. Pro 5000 Einwohner muss es mindestens 10 Leuchten geben, die nachthimmelfreundliches Licht demonstrieren.
5. Außerhalb der Kernzone müssen mindestens 10% der Leuchten zusätzlich zum Bestand LMP-konform gemacht werden.
6. Anerkennung von Gebietskörperschaft(en) oberhalb der Gemeindeebene.
7. Die Bildungsprogramme müssen ausdrücklich Lehr-Exkursionen vor Ort enthalten, die die Natur/Kultur vor Ort zugänglich machen.
8. Die Berichte sollen auch die jährlichen Veränderungen des Landeigentums und

³ Die Fläche von 700km² entspricht auf der Landkarte einem Kreis mit rund 30km Durchmesser bzw. einem Quadrat mit rund 26,5 km Seitenlänge.

Landbesitzes innerhalb des Gebiets enthalten;

9. Die Materialien und Verfahren auf deren Basis das Ranking erfolgt sind genau geregelt und erfordern Planungsunterlagen und wissenschaftliche Planungsverfahren. Vor allem sind sie ortsabhängig und in der Fläche einzureichen.

Die Ränge (Gold, Silber, Bronze) werden analog zu den Parks vergeben.

Als besonderen Nutzen der Zertifizierung gibt die IDA neben der internationalen Anerkennung für die Aktivitäten zum Schutz des „dunklen Himmels“ die Bewusstseinsbildung für alle Bewohner, Nachbar und Besucher des Parks, die öffentliche Präsentation des Dark Sky Park Logos für alle Gemeinden innerhalb des „Reserves“, sowie dessen Nutzung für kommerzielle Unternehmungen sowie die Aufnahme in die Verzeichnisse und Webauftritte (Online-Karten) der IDA. Zusätzlich kann die für das Schutz-/Erholungsgebiet zuständige Körperschaft IDA als Park-Partner anführen und muss öffentliche Schilder errichten, die den Status als Dark Sky Park anzeigen.

Die nächsten Einsendetermine für Anträge sind: 27. November 2017 und 29. Jänner 2018. Es ist aber möglich, die Vorabversion eines Antrags an die IDA zur vorläufigen Prüfung und weiteren Kommunikation zu schicken. Ansprechpartner bei der IDA ist Herr John Barentine (email: john@darksky.org, Tel.: 001 520 293 3198). Die Autoren dieses Berichts stehen in Kontakt mit John Barentine und anderen Mitgliedern der IDA.

7.2.2 | Sternlicht-Gebiete der „Starlight Initiative“

Die Sternlicht Gebiete und verwandte Zertifikate sind in Folge der *Deklaration von La Palma für das Recht auf Sternlicht und zur Verteidigung des Nachthimmels* entstanden. Ziel der Zertifikate ist es die Qualität der nächtlichen Umwelt mit Hilfe der Förderung des öffentlichen Interesses und eines nachhaltigen Tourismus zu verbessern sowie das Firmament und die Nacht für die lebende und nachkommende Generation für unterschiedliche Zwecke zu erhalten.

Die Zertifizierung wird von der *Starlight Foundation* mit Sitz am IAC (Astrophysikalisches Institute der Kanaren) in La Laguna, Teneriffa verwaltet. Bislang wurden von dieser Organisation vor allem Sternlicht-Gebiete in Spanien offiziell zertifiziert. Die Kosten für eine Zertifizierung in diesem Rahmen liegen bei rund 15.000 € im Zuge der ersten Antragstellung und etwa 3.000-4.000€ im Zuge der alle vier Jahre erforderlichen Aktualisierung (Wieder-Zuerkennung) des Status „Starlight Reserve“.

Beteiligt an der Ausarbeitung und als unterstützende Organisationen aufgelistet sind: UNESCO-WHC (Initiative Astronomy and World Heritage), MaB Urban Ecology Programme of UNESCO, IAU (International Astronomical Union), UNWTO (World Tourism Organization), OTPC-IAC (Instituto de Astrofísica de Canarias), CIE (International Commission on Illumination). Man vergleiche dazu: <http://www.fundacionstarlight.org/en/index.php>

Will man die Zertifizierungen selbst einteilen, dann kann man sie als international, kulturorientiert, wissenschaftlich-astronomisch-beobachtungsorientiert und tourismusorientiert charakterisieren, während IDA-Zertifikate eher beleuchtungsorientiert und die RASC-Zertifikate eher naturschutzorientiert sind (siehe unten).

Die oben beschriebenen IDA-Zertifikate haben sich nach dem Internationalen Jahr der Astronomie 2009, und der Astronomie und Welterbe Initiative von IAU und UNESCO stark an Zertifizierungen der Starlight Initiative und der RASC (siehe unten) angenähert.

Alle Zertifikate werden von der *Starlight Foundation* nach einem einheitlichen Verfahren vergeben, wobei die Erfordernisse und Bewertungsmethoden den verschiedenen Aspekten des Zertifikats, vom Naturschutz, über den Astro-Tourismus zur Sternlicht-Oase im Siedlungsraum, Sternlicht-Touristenzielen oder Einzelinstallationen (Hotels) angepasst sind.

7.2.2.1 | Sternlicht-Bewahrungsgebiete (Starlight Reserves)

Die Klassen und Erfordernisse der Sternlicht-Bewahrungsgebiete sind im *Starlight Reserve Document* zusammengefasst, auf das sich auch die IAU/UNESCO Initiative zu Astronomie und Welterbe (Astronomy and World Heritage Initiative), konkret in der *Thematischen Studie zu Astronomie und Welterbe* bezieht.

Die Typen der Sternlicht-Bewahrungsgebiete folgen den dominierenden Themen der unterliegenden Parks, Schutzgebiete oder Zwecke. Das *Starlight Reserve Dokument* (SRD) nennt folgende Klassen:

1. Historische Stätten unter dem Firmament (Starlight Heritage Sites);
2. Astronomische Beobachtungsorte (Starlight Astronomy Sites);
3. Sternlicht-Naturschutzgebiete (Starlight Natural Sites);
4. Sternlicht-Landschaftsschutzgebiete (Starlight Landscapes);
5. Sternlicht Oasen in Siedlungsgebieten (Starlight Oases);
6. Sternlicht Gebiete von gemischtem Typ (Mixed Starlight Sites).

Diese Einteilung orientiert sich an den Schwerpunkten (Natur, Bildung, Nachhaltigkeit, gemeinsames Erbe der Kulturen und der Menschheit) die Teil der *La Palma Deklaration* sind. Für die Zertifizierung gefordert, sind neben einem Management-, Veranstaltungs-, Bildungs- und Beleuchtungsplan für die es Richtlinien spezifiziert, eine Zonierung und eine Beleuchtung die sich innerhalb einer „Zone intelligenter Beleuchtung“ an den Empfehlungen des SRD orientiert.

7.2.2.2 | Starlight Reserve – Zonierung

Die Starlight Zertifizierung nützt ein Drei-Zonen Konzept für Schutz und

Beleuchtungsreglement: Kernzone, Pufferzone und Fernzone.

Typisch für die Starlight-Zertifizierung ist die Nutzung des Vollmond-Wertes, angegeben mit 0,27 lx als Obergrenze für die Beleuchtung in der Kernzone. In der umgebenden „intelligent lighting“ Pufferzone sollen die Beleuchtungsanlagen nach Richtlinien erfolgen die die Leuchtdichten für (Werbe-)Schilder und Fassaden begrenzen, sowie Abschirmung, Energieeffizienz und lange Wellenlängen (< als 480 nm sollen vermieden werden) bewerten. Viele Aspekte stammen aus den Erfahrungen der auf den kanarischen Inseln großflächig umgesetzten Beleuchtungskonzepte zum Schutze der astronomischen Observatorien bei paralleler starker touristischer Nutzung.

Wie bei den kanadischen Konzepten spielt die Praktikabilität mit der zum Zeitpunkt der Installation vorhandenen Technologie eine wesentliche Rolle. So weit wie möglich soll, außer durch Tausch der Leuchten, das Ziel der Minimierung der Lichtverschmutzung durch Schaltmaßnahmen und eine Erforderlichkeitsanalyse erreicht werden.

Für die Einreichung unbedingt erforderlich sind:

1. Die Verabschiedung der La Palma Deklaration;
2. Messungen der Nachthimmelsqualität (beweisorientiert ohne Methodenfestlegung, siehe Details bei Himmelsqualität);
3. Inventar der kulturellen Güter und Ressourcen mit Astronomiebezug;
4. Eine Erfassung empfindlicher Gebiete und eine Ausarbeitung und Abmilderung des Einflusses der Lichtverschmutzung (lokale Populationen der verschiedenen Arten, Habitate und Ökosysteme);
5. Erfordernisse der verschiedenen Aktivitäten, die den Antrag motivieren und begründen (astronomische Beobachtungen, Umweltschutz, Erhaltung von Nachtlandschaften, Intaktheit von Stätten des Kultur/Naturerbes, Tourismus, Sterngucken);
6. Natur- und Kulturwerte mit Sternlicht-Bezug, die erhalten werden sollen, für den Fall von Welterbe Stätten und Biosphären-Reservate;
7. Leuchtdichten und Beleuchtungsstärken in beleuchteten Bereichen (falls vorhanden);
8. Zonierungsvorschlag mit Bezug zu den auf die Starlight-Reserve bezogenen Werten. Vorhandene Zonierungen und mögliche Anpassungen werden dabei berücksichtigt (Welterbestätten, Biosphärenreservate, andere Schutzgebiete);
9. Vorgeschlagene oder existierende, energiebezogene Regelwerke oder Statuten;
10. Vorgeschlagene oder existierende, luftqualitätsbezogene Regelwerke oder Statuten;
11. Inventar vorhandener Leuchten;

12. Zustimmungserklärung zu den Beleuchtungs- und Energie-Protokollen;
13. Abriss des Aktionsplanes inklusive eines Plans für die Öffentlichkeitsarbeit (Bildung)

7.2.2.3 | Tourismusziel Sternlicht (Starlight Tourist Destination)

Die Starlight Foundation zertifiziert auch das Sternlicht als touristische Ressource, typischerweise, aber nicht notwendigerweise in Kombination mit einer der „Starlight Reserve“ Kategorien.

Für die Tourismusziel Zertifizierung wird der Wert des Himmels für die astronomische Beobachtung und das Sterngucken sowie die Touristische Attraktivität und Infrastruktur bewertet. Eine Touristin oder ein Tourist soll nach der Zertifizierung erwarten können, einen geeigneten Himmel und eine qualitativ hochwertige, nachhaltig betriebene Tourismus-Infrastruktur mit minimierten ökologischen Auswirkungen (Öko-Tourismus) vorzufinden.

7.2.2.3.1 | Nachthimmelsqualität (Starlight-Zertifizierungen)

Die Bewertung der Nachthimmelsqualität erfasst hier die wesentlichen Parameter um gute Bedingungen für freijüchtige und teleskopische Beobachtung mit akzeptabler bis guter Zuverlässigkeit zu garantieren (analog zur Schneesicherheit bei Skigebieten).

Bewertet werden: die Zahl der klaren Nächte, die Himmelshelligkeit, die Luftruhe (Seeing) sowie die Transparenz der Atmosphäre. Die Nachweismethoden sind dem Antragsteller überlassen, Referenzwerte für den Nachweis für eine typische Reserve und eine typische Tourist Destination sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

Die Bedeckungsgrade können an die klimatischen Situationen und Tourismusziele angepasst werden (etwa durch saisonale Zertifizierung), es soll jedoch eine Beobachtung in der Regel möglich sein. Die geforderten Himmelshelligkeiten und Luftruhe (Seeing) Werte sind typisch für gute astronomische Beobachtungsplätze. Die *Forderungen zur Transparenz liegen bei Tourismuszielen* bei einer visuellen Grenzgröße von 6 mag, das bedeutet, dass diejenigen Sterne freijüchtig sichtbar sind, die üblicherweise vor dem Einsetzen der künstlichen Nachthimmelsaufhellung überall freijüchtig sichtbar waren. Für *Starlight Reserves* wird eine Mindesttransparenz bzw. maximale visuelle Extinktion von 0,15 mag gefordert. Das garantiert besonders eindrucksvolle Blicke auf die Milchstraße, nebelige Objekte und andere schwache Phänomene des Nachthimmels.

	Bedeckung	Himmelshelligkeit	Luftunruhe			Klarheit
	%	[mag/° ²]	[μcd/m ²]	[“]	[°]	[mag]
Tourismusziel	<60	>21,0	<418	<= 3	<= 0,0008	6 mag vis.
Bewahrungsgebiet	<50	>21,4	<289	<1	< 0,0003	Av < 0,15

Tabelle 6 - Qualitätskriterien für den Himmel eines Starlight Reserves und einer Starlight Tourist Destination der Starlight Foundation. Die Sternsichtbarkeit wird durch den Bedeckungsgrad, die künstliche Himmelsaufhellung durch die Leuchtdichte der mondlosen, astronomischen Nacht, die Luftunruhe anhand einer Forderung für die feinsten mit dem Teleskop erkennbaren Bilddetails, und die Klarheit des Himmels über die Angabe der Magnitude (ein Maß für die Helligkeit) der schwächsten mit dem freien Auge erkennbaren Sterne bzw. die Durchsichtigkeit der Luft anhand der Gesamtabschwächung des senkrecht einfallenden Lichts auf seinem Weg durch die Erdatmosphäre bis zum Beobachtungsplatz charakterisiert. Achtung: Beim Vergleich mit der Karte für Oberösterreich müssen 174 [μcd/m²], als Naturwert des Himmels von den Werten der Spalte „Himmelshelligkeit [μcd/m²]“ abgezogen werden.

7.2.2.3.2 | Tourismusinfrastruktur und -aktivitäten

Gesamtziel der Evaluierung ist es sicherzustellen, dass Infrastruktur und Veranstaltungen hervorragend geeignet sind, um sanften Tourismus, Erleben der natürlichen Nacht und astronomische Beobachtungen zu ermöglichen.

Der Bewertungsprozess orientiert sich an sechs Bereichen um die, auf die Destination bezogen, internen und externen Managementvorkehrungen [arrangements] zu erfassen:

1. Ansatz (Mission), Werte und Ziele;
2. Regulierung und Leitung der Starlight Tourist Destination;
3. Strategie, Umsetzungsplan und Informationssystem;
4. Erhaltung von anderen relevanten natürlichen und kulturellen Ressourcen;
5. Tourismus-Angebot: Attraktionen, Dienstleistungen, Infrastruktur;
6. Wissensmanagement, Ausbildung, Schulungen und Bildungsprogramme;
7. Kontrolle und Monitoring von Sternlicht-Programmen;
8. Management und Monitoring des Sternlicht-Touristenziels.

Die Starlight-Initiative nennt unter anderem folgende Vorteile der Zertifizierung: Einen Impuls für eine neue, aufstrebende Tourismus-Sparte; Internationale Anerkennung der Himmelsqualität und der Umwelt bei Nacht; Anstieg des wahrgenommenen Wertes und des Ansehens des Reiseziels; Laufende Verbesserungen durch wiederholte Audits; Verbesserung der Kommunikation und Zusammenarbeit der Partner an der Destination; gleichmäßige und konstante Qualitätsstandards durch die Standardisierung der Verfahren; Anstieg der

Besucherkzahlen durch die Vermarktung der Starlight Tourist Destinations; Verbesserter Umweltschutz durch Verminderung der Lichtverschmutzung und den Schutz der nächtlichen Landschaft; Entwicklung neuer wissenschaftlicher, kultureller und umwelt-touristischer Ressourcen; Zertifikation der Konformität mit WTO und UNESCO.

7.2.3 | „Villes et Villages toiles“ - Bestirnte Städte und Dörfer

Dieses Zertifikat der französischen ANCPEN (Association National pour la Protection du Ciel et de l'Environnement Nocture – frz. „Nationale Vereinigung für den Schutz des Himmels und der nächtlichen Umwelt“) wird im Rahmen von jährlichen Wettbewerben vergeben.

Ziel ist die Bewertung von Gemeinden im Rahmen eines Wettbewerbs zur Auswahl von Auenbeleuchtungen die deren Belästigungen und Störungen vorbeugen, sie begrenzen und verhindern sollen und deren Wirkung auf die Biodiversität, die nächtlichen Landschaften, das Wohlbefinden und die Gesundheit der EinwohnerInnen, den ökonomischen Umgang mit Energie, der Emission von Treibhausgasen, der ökologischen Aspekte des Wertstoffkreislaufes, und auf diese Weise der Möglichkeiten der Beobachtung des Nachthimmels für die lebenden und kommenden Generationen Sorge tragen wollen.

Das aktuelle „reglement“ für 2017 legt in der Ausschreibung die bewertungsrelevanten Themen, die Bewertung und die Vergabe der Auszeichnungen (1 bis 5 Sterne) fest.

Die Bewertung beabsichtigt die lokale Umsetzung von Maßnahmen insbesondere zur Vermeidung der Belästigungen durch Licht, zur Beleuchtung und den für die Nachtlandschaften relevanten Teilen in vier französischen Gesetzen, darunter jenem zur Umstellung der Energieversorgung (2015) und der Rückgewinnung der Biodiversität, der Natur und der Landschaft zu begleiten. Die entsprechenden Passagen der Gesetze sind Teil der Ausschreibung.

Die Bewertung erfolgt aufgrund eines Fragebogens mit verpflichtenden und optionalen Teilen. Es werden ausschließlich Angaben bewertet, die sich auf das Gebiet innerhalb der Gemeindegrenzen beziehen. Die Ergebnisse werden anhand eines Rasters aus dem Fragebogen über ein Punktesystem ermittelt und danach, nach Rückfrage die Anzahl der Sterne vergeben. Die Auszeichnung bleibt 4 Jahre gültig.

Der Fragebogen orientiert sich an einer Positiv/Negativliste. An erster Stelle der Positivliste stehen Dauer und das Ausmaß der mitternächtlichen Ab- oder Teilschaltung. Weitere Kriterien sind jene der Lichtlenkung, angepasster Lichtstärke, der Lichtfarbe (als Referenz wird 2400 K Farbtemperatur genannt) das Engagement der Gemeinde und die BurgerInnenbeteiligung, die Regelung der privaten Beleuchtung und die Beschränkung von Zeiten für Lichtwerbung und Leuchtschilder. Positiv bewertet werden auch die Unterzeichnung der Charta der ANCPEN zum Schutz der nächtlichen Umwelt sowie die

Abwesenheit von Gebäude und Naturbeleuchtungen.

Besonders erwähnenswert auf der Liste mit den Negativpunkten sind noch Himmelsstrahler, intensive weiße LEDs, „exzessive“ Dauer der Weihnachtsbeleuchtung, Dauerbeleuchtung von Gebäuden, sowie die Nutzung von Topfleuchten (die viel Licht nach oben abstrahlen).

Als besonderen Nutzen der Zertifizierung werden die nationale Anerkennung der Bemühungen der Gemeinde für die nächtliche Umwelt, die Wirkung der Auszeichnung für Einwohner und regionale Medien, der Erhalt einer spezifischen Urkunde, die Führung der Auszeichnung am Ortsschild, sowie Vorteile bei Lebensqualität und durch Energieeinsparungen genannt. Jene Kommunen, die keine Auszeichnung bekommen, erhalten eine Orientierung für Verbesserungen.

7.2.4 | „Dark-Sky Site Designations” - Royal Astronomical Society of Canada

Das Dark-Sky Program™ der Königlichen Astronomischen Gesellschaft von Kanada (RASC) wurde von deren LPAC (Light-Pollution Abatement (LPA) Committee) ausgearbeitet und erstmals am 30. März 2008 verabschiedet. Es sollen schützenswerte Gebiete ausgezeichnet werden die sich im aktuellen Zustand oder mit Verbesserungen zur Erhaltung, Erfahrung und Erklärung der Naturnacht und ihrer Phänomene eignen. **Es können Parks unter Verwaltung der Provinzen oder des Bundes von Kanada sein sowie private Parks oder Campingplätze. Da dieses Programm nicht direkt auf Regionen außerhalb Kanadas anwendbar ist,⁴ sind die folgenden Informationen nur zur Orientierung und zum Vergleich mit anderen Programmen gedacht und werden daher in kleinerer Schriftgröße wiedergegeben.**

Die Schlüsselkomponenten des RASC-Dark-Sky-Programms sind:

1. die Kontrolle der lokalen Beleuchtung;
2. Öffentlichkeitsarbeit für die Allgemeinheit und Nachbargemeinden;
3. praktische Musterbeispiele für gute nächtliche Beleuchtung.

Kernstück des kanadischen Programms ist die Good Practice of Lighting (GOL) ein „Best Practice“ Leitfaden. Die Haupttrichtlinien sind eine 3 lx, 1 lx, 2/3 lx Strategie für Fahrzeugflächen, Fußgängerbereiche und letztere in der Nähe besonders empfindlicher Bereiche. Es ist eine Kooperation der Canadian Park Administration und der Royal Astronomical Society of Canada. Für eine Zertifizierung in Österreich wäre ein analoges Vorgehen unter Beratung und mit freundlicher Genehmigung der RASC notwendig - etwa seitens einer Kooperation der ÖGAA (Österreichischen Gesellschaft für Astronomie und Astrophysik) mit den der Bundes-Dachorganisation der Nationalparks Österreich oder den Parkverwaltungen der Länder.

⁴ Vgl. <https://www.rasc.ca/dark-sky-site-designations>: “We are officially recognizing parks in Canada that apply for an official designation and meet these guidelines.”

7.2.4.1 | Nocturnal Preserves™ (RASC)

Letztlich ist es das Ziel der RASC, der Öffentlichkeit Freude am Erleben von Nachtlandschaften zu vermitteln. Das „Nocturnal Preserves“ (in der Folge NocP) Programm beabsichtigt die Reduktion der nächtlichen Außenbeleuchtung voranzutreiben und damit den nächtlichen Lebensraum für wildlebende Tiere und Pflanzen zu verbessern. Gleichzeitig sollen so zugängliche Gebiete geschaffen werden, in denen die breite Öffentlichkeit eine naturdunkle Nacht erleben kann. Auch der Zugang für AstronomInnen sowie die Außenbeleuchtung der Besucherinfrastruktur kann die Biologie und das Verhalten der Lebewesen beeinflussen. Durch die Verbreitung und Erhaltung von Schutzgebieten nach Einbruch der Dunkelheit wird die entsprechende Region zu einem Hafen für seltene und gefährdete Spezies.

Gefordert werden Beleuchtungsrichtlinien die dem Beleuchtungsprotokoll der RASC für NocPs folgen (RASC-NP-GOL). Das Protokoll enthält Obergrenzen und schlägt natürliche Barrieren vor um die Lichtausbreitung zu kontrollieren. Die Benutzung von weißem Licht ist im Außenraum verboten und die RASC empfiehlt lichtfreie Zeiten, ausschließlich reflektierende Signale und die Nutzung von eigenen Lichtern (Taschenlampe, Stirnlampe) durch Besucher bei Nacht.

Das Gebiet muss frei von künstlichem Licht sein. Sollten Signale zur Besucherlenkung erforderlich sein, müssen die nach den RASC-NP-GOL konstruiert sein.

Messungen der Himmelselligkeit im Zenit sind nützlich, aber nicht ausreichend um die Himmelsqualität zu bewerten. Derzeit sind nur Beschreibungen erfahrener BeobachterInnen zur Bewertung der Qualität ausreichend und die einzige Form der Dokumentation sind kalibrierte Bilder des Horizonts.

Regelmäßige Messungen können durchgeführt werden um den Erfolg der Öffentlichkeitsarbeit des Parks in Bezug auf die Lichtbedingungen im NocP zu bewerten.

Die Einrichtung eines NocPs ist eine Partnerschaft von Parks und Nachbargemeinden (ähnlich den Nationalparkgemeinden in Österreich) und setzt die aktive Unterstützung der Gemeinden in zwei prinzipiellen Fragen voraus: 1) ein akzeptables Beleuchtungsprotokoll nach den GOL der RASC, und 2) ein aktives Programm in der Öffentlichkeitsarbeit zur Verbreitung der Verringerung und Einstellung der Lichtverschmutzung. Die Beleuchtung muss nach den GOLs erfolgen, kann aber seitens der RASC für eine spezifische Anwendung abgeändert werden sofern es das NocP Programm nicht insgesamt gefährdet.

Die Kernzone soll von einer Pufferzone umgeben sein, die so gestaltet ist, dass keine Lichtquellen der Außenzone in die Kernzone reichen können. Die Pufferzone wird etwa zur Bepflanzung mit der Kernzone beschattenden Arten genutzt. Um bestehende Bewirtschaftung zu ermöglichen ist es möglich Teile eines Parks aus dem NocP innerhalb von Enklaven auszunehmen.

Neben den Vertretern des Parks ist ein unabhängiger Sponsor (NGO, Gemeinde) für die Einreichung erforderlich, weiters folgende Erklärungen:

1. Eine Erklärung der Einhaltung der Beleuchtungsrichtlinien (RASC-NP-GOL);
2. Eine gemeinsame Absichtserklärung aller Parteien;

3. Eine maßstabsgetreue Karte des NocPs und seiner Umgebung;
4. Messungen der Zenit-Himmelshelligkeit (mit in der Karte markiertem Ort und Wert);
5. Ein Inventar existierender Beleuchtungen in der Kern- und Bufferzone;
6. Ein aktueller Beleuchtungsplan für den Park;
7. Ein Öffentlichkeitsarbeits- und Veranstaltungsplan (Bildung);
8. Ein Öffentlichkeitsarbeitsplan der Gemeinde(n) (Schutz des NocP);
9. Bilder der NocP-Stätte bei Tag und Nacht, auf denen Baumhöhen, Büsche, Häuser etc. erkennbar sind;

Kernforderungen der Beleuchtungsrichtlinien (RASC-NP-GOL) sind:

1. Beschilderung und Signalisierung ohne künstliches Licht;
2. Ausschließliche Verwendung von „scharf abgeschirmten“ Leuchten (nur 1% nach oben statt 10% nach oben für die üblichen sogenannten „full-cut-off“ (FCO) Leuchten);
3. Prinzip der Suffizienz – Beleuchtungsniveau so niedrig wie möglich (<3 lx für Fahrzeuge, < 1 lx für Fußgänger);
4. Licht-Barrieren zur Beschränkung der beleuchteten Zonen;
5. Verhinderung des Nach-Außen-Dringens von Innenbeleuchtung;
6. Wenn Innenbeleuchtung benutzt wird müssen die Vorhänge (etc.) innerhalb von 30 Minuten nach Sonnenuntergang geschlossen werden;
7. Alle Beleuchtungskörper sollen ein Minimum an blauem Licht emittieren;

7.2.4.2 | Urban Star Parks™ (RASC) – Urbane Sternparks

Ziel der urbanen Sternparks (USP) ist es BürgerInnen **in Städten** Gebiete zugänglich zu machen die relativ frei von Blendung sind, die Freude am Erlebnis des Himmels demonstrieren und beispielgebend für nächtliche Beleuchtung sind. Obwohl das Hauptziel der RASC die Herstellung von Zugang zu dunklem Himmel ist, spielen auch städtische Beobachtungsplätze eine wichtige Rolle, weil Naturhimmel mittlerweile (selbst in Kanada) sehr schwierig erreichbar sind. Wegen des Konflikts zwischen Himmelsqualität und Erreichbarkeit gibt es zwei unterschiedliche Schutzgebiete: die **Urbanen Sternparks** und die im folgenden Abschnitt diskutierten **Erhaltungsgebiete des Dunklen Himmels**. Da die RASC die Wichtigkeit des ehrenamtlichen Engagements kennt, ist der Verwaltungsaufwand für die Einrichtung und Erhaltung eines Urban Star Parks besonders niedrig angelegt.

Das Hauptziel ist hier die **Reduktion der Blendung**, sodass das Sehen erleichtert wird und zumindest die schnelle Adaption des menschlichen Auges eintreten kann. Wieder spielt Licht- und Blendreduktion durch natürliche Barrieren bei den entsprechenden Beleuchtungsrichtlinien (RASC-USP-GOL) eine wichtige Rolle.

Es ist im urbanen Raum von direkter Aufhellung des Himmels auszugehen und einer Beeinträchtigung durch die verkehrsbedingte bodennahe Staubschicht. Deren Einfluss soll aber nach den Richtlinien minimiert werden. Regelmäßige Messungen des Himmelsleuchtens sollen durchgeführt werden, um die Verbesserungen durch die Lichtschutz-Maßnahmen zu erfassen.

Der USP erfordert eine Partnerschaft zwischen der Parkverwaltung, der Gemeinde und ortsansässigen SternguckerInnen und AstronomInnen.

Der USP muss drei Anforderung erfüllen:

1. ein akzeptables Beleuchtungsprotokoll;
2. öffentliche Zugänglichkeit nach den „Normalstunden“, und,
3. ein aktives Öffentlichkeitsprogramm (Astronomie und Gemeinde).

Die Zugänglichkeit soll für FußgängerInnen zum Sterngucken und astronomische Aktivitäten nach den normalen Öffnungszeiten gewährleistet sein, um zur Beobachtung des Nachthimmels anzuregen. Dazu wird ein von unabgeschirmten Leuchten freier Platz benötigt, der ausreichend groß ist um von lokalen Astronomievereinen für ihre Öffentlichkeitsaktivitäten genutzt zu werden. Die Pufferzone dient zur Herstellung der Abschattung von direktem Lichteinfall. Die Abschattung sollte von der Gemeinde durch eine Verordnung oder ähnliches unterstützt werden.

Die Einreichunterlagen sind analog zum zuletzt beschriebenen, NocP-Programm, siehe oben.

7.2.4.3 | Dark-Sky PreservesTM (RASC) – Erhaltungsgebiete Dunklen Himmels

Gebiete zur Erhaltung des dunklen Himmels sind Teile von bei Nacht dunklen Stätten oder Liegenschaften. Die Richtlinien sind wieder auf die Minimierung des Verwaltungsaufwandes ausgerichtet um die Beteiligung von Freiwilligen und Park-Managern zu erleichtern. Im Vergleich zu den anderen Kategorien der RASC, ist der Fokus der Beleuchtungsrichtlinien hier mehr bei der *Beleuchtung, die indirekt, durch die Himmelsaufhellung und Himmelsverfärbung ferner Regionen bzw. angrenzender Gemeinden* verursacht wird. Die verbesserten Möglichkeiten der Dunkelanpassung des Auges erlauben niedrigere Referenzwerte in den Beleuchtungsrichtlinien für Dark Sky Preserves (RASC-DSP-GOL). Die empfohlenen Beleuchtungsstärken orientieren sich an der des Vollmondes. Generell sollte die Beleuchtung auf die jeweiligen Beleuchtungsstärken des Naturlichts abgestimmt sein. Die Forderungen nach Vollabschirmung und Farben auf der (spektral) roten Seite des gelben Lichts bleiben bestehen.

Grundsätzlich sollte im Dark Sky Preserve (DSP) nicht beleuchtet werden. Wo es, wie bei Besucherzentren und für

Verkehrs- und Grundsicherheit notwendig sein sollte, soll die Beleuchtung folgenden Prinzipien folgen:

1. Die Beleuchtung sollte dem minimalen praktikablen Niveau entsprechen;
2. das von der Beleuchtung betroffenen Gebiet sollte so klein wie praktikabel sein;
3. die Beleuchtungsdauer sollte so kurz wie praktikabel sein, und
4. die Beleuchtung sollte den Beitrag blauen Spektralanteile minimieren (weißes Licht ist nicht erlaubt).

Was „praktikabel“ ist, hängt von den spezifischen Einrichtungen des Gebiets und der zu der Zeit der Installation vorhandenen Technologie ab. Die in den DSP-GOL spezifizierten Beleuchtungsstärken sind niedriger als jene die für Siedlungsgebiete angegeben werden und für die die meisten Leuchten entworfen sind. Es gilt ein „Low impact lighting“, das an 3 lx, 2 lx, 1 lx Obergrenzen für Parkplätze, Verwaltungsgebäude und Besucher-Infrastruktur bzw. Wegbeleuchtung orientiert ist. Die Wahl der Leuchten und deren Einsatzpläne müssen deshalb u.U. an die besonderen Anforderungen angepasst werden.

Die Park-Manager können die Beleuchtungsstärken innerhalb der Richtlinien an ihre spezifischen Erfordernisse und an den Bestand anpassen. Eine wichtige Rolle spielt dabei eine „Dark Time“ (in unserem Fall am besten als eine Art Licht-Analogie zur „Hüttenruhe“ aufgefasst), die ebenfalls die Park-Manager festlegen.

Die Beleuchtungsrichtlinien verlangen neben den für die UDPs erwähnten Abschirmungsforderungen und Farbbegrenzungen eine Abschaltung innerhalb von 30 Minuten nach Schließung / Büroschluss und eine Abschattung (Rollos) bei der Nutzung von Innenbeleuchtung. Bei Verkaufsautomaten (Proviant, Getränke, Parkscheine) sind Abschirmungssysteme zu implementieren (Lichtschleusen).

Die Beleuchtung zur Kollisionsvermeidung mit Türmen soll auf deren gesetzliches Minimum reduziert und eines der vielen Kollisionsvermeidungssysteme das mit weniger oder ganz ohne Licht auskommt soll verwendet werden. Ziel ist die Minimierung der Störung durch die Turmmarkierungslichter.

Es ist die Aufgabe der Park Manager die Gemeinden und die Betreiber von Lichtinstallationen in den Nachbargebieten der DSP über die Lichtprobleme zu informieren und von spezifischen Verbesserungsmaßnahmen zu überzeugen.

In Wildnisgebieten soll die Nutzung von roten Taschenlampen empfohlen werden und jene mit mehr als 300 Lumen sollten nicht erlaubt werden.

7.2.4.3.1 | Zugänglichkeit und Himmelsqualität (RASC preserves)

Über die üblichen Tageszugangszeiten hinaus muss das DSP auch bei Nacht für die Nutzung zur Verfügung stehen soweit es praktikabel ist. Speziell ausgezeichnete, von Lichtverschmutzung freie Plätze müssen nach Einbruch der Dunkelheit für Besucher zugänglich sein. Das bedeutet, dass auch Tore während der Nachtstunden geöffnet sind und

Parkplätze weiterhin während der Nachtstunden zur Verfügung stehen müssen.

Die Himmelsqualität soll gemessen, überwacht und dokumentiert werden. Wiederum sind kalibrierte Aufnahmen zur Dokumentation der Aufhellung in Horizontnähe erforderlich. Auch hier legt die RASC keine Grenzwerte fest, sondern fordert die regelmäßige Dokumentation des tatsächlichen Zustandes.

Die administrative Aufteilung in Kern- und Pufferzone, sowie andere Aspekte des Nominierungsverfahrens laufen wie bei den UDPs.

7.2.4.4 | Zusammenfassung der RASC Zertifikate

Nachterhaltungsgebiet – „Nocturnal Preserve“:

1. Beschränkte Verwendung von Kunstlicht bei Nacht;
2. Besucherzentren möglich;
3. NachtbesucherInnen möglich;
4. Grenzen für künstliches Himmelsleuchten;
5. Verbreitung der nächtlichen Umwelt.

Erhaltungsgebiet für dunklen Himmel – „Dark Sky Preserve“:

1. Beschränkte Verwendung von Kunstlicht bei Nacht;
2. Besucherzentren vorhanden;
3. Zugang bei Nacht;
4. Grenzen für künstliches Himmelsleuchten;
5. Programme zur Sternbeobachtungen und Astronomische Öffentlichkeitsarbeit;
6. Förderung der Reduzierung der Lichtverschmutzung.

Urbaner Sternepark – „Urban Star Park“:

1. Beschränkte Verwendung von Kunstlicht bei Nacht;
2. Besucherzentren;
3. Zugang bei Nacht;
4. Impakt von künstlichem Himmelsleuchten merkbar;
5. Förderung der Reduzierung der Lichtverschmutzung.

7.2.5 | Vertrags-Sternlichtgebiete (Selbstverpflichtungen von Anrainern)

Das sind Vereinbarungen zwischen, in der Regel, lokalen Beteiligten, etwa Parkverwaltungen, Naturschutzorganisationen, Astronomie-Vereinen, Gemeinden, Forstverwaltungen, Tourismus-Agenturen oder -Akteuren und anderen Anrainern.

Diese Zusammenschlüsse lokaler Interessensgruppen sind handlungsorientiert und vermeiden den administrativen und finanziellen Aufwand der mit Objektivierung, Satzung und Management der auf einer externen Begutachtung aufgebauten Zertifikate verbunden ist. Im Rahmen gemeinsamer Erklärungen und Verträge werden Zusammenarbeit und Selbstverpflichtungen zum Schutz und der Zugänglichkeit der nächtlichen Umwelt vereinbart und gemeinsam verbreitet und durchgesetzt.

7.2.5.1 | Beispiel 1: Izera Dark Sky Park (Polen/Tschechien)

Anlässlich des Internationalen Jahrs der Astronomie haben sich das Astronomische Institut der Universität von Wrocław, sowie zwei Gebiets-Kommissionen der polnischen Staatswälder, auf der polnischen Seite, sowie das Astronomische Institut der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik, das Landschaftsschutzgebiet Jizerské hory und die Regionaldirektion Liberec der Forste der Tschechischen Republik im Rahmen einer Deklaration zum Izera Dark Sky Park zusammengeschlossen.

Der Park liegt in der Nähe des bzw. im polnisch-tschechisch-deutschen Dreiländereck nördlich von Liberec (Reichenberg) und besteht aus den hochgelegenen Teilen des Izera-Tals. Die Stätte profitiert von der Seehöhe, hat Almcharakter und wird von zwei Bergrücken vor der Himmelsaufhellung der Nachbarstädte erheblich geschützt. Das Tal selbst ist ein Landschafts- und Torfmoor-Schutzgebiet.

Nach den verfügbaren Dokumenten sind die Ziele des Parks Naturschutz, Naturkunde und Nachtschutz sowie die Nutzung des Himmels als Zugang zum Firmament für Bildungs- und Erholungszwecke.

Diese Ziele werden durch Verteilung von Informationsmaterial in den benachbarten Gemeinden erreicht, mit Fokus auf der Tourismus-Infrastruktur. Dazu kommen regelmäßige Umwelt- und Nachthimmels-Studien, letztere mittels Himmeshelligkeits-Messungen und Bildern des gesamten Himmels.

In einem weiteren Schritt ist es geplant, die Außenbeleuchtung innerhalb des Parks so zu ersetzen, dass die dadurch verursachte Lichtverschmutzung minimiert wird.

Weitere Informationen zum Izera-Sternenpark finden sich im Internet unter:

<http://www.izera-darksky.eu/index-en.html>

7.2.5.2 | Beispiel 2: oberösterreichischer Sternenpark Hohe Dirn – „Star Park Hohe Dirn“

(nach Informationen von Rudolf Dobesberger, Sternfreunde Steyr)

Der 2003 gegründete **Verein Sternfreunde Steyr** hat unter dem Druck der zunehmenden Lichtverschmutzung auf 1100 Metern Seehöhe am Nordrand der Alpen ein passendes Gebiet für Himmelsbeobachtung und -führungen gefunden. Wegen der außerordentlich guten Nachthimmelsbedingungen beschloss der Verein die Öffentlichkeit auf dieses „Juwel mit wenig Lichtverschmutzung“ aufmerksam zu machen. Über die Seiten der „Starlight Initiative“ wurde vor einigen Jahren dieser herausragende Beobachtungsort als „**Star Park Hohe Dirn**“ registriert.

Der Verein unterstützt die La Palma Deklaration für ein Recht auf Sternlicht und die Verteidigung des Nachthimmels. Im Rahmen der Veranstaltungen wird auf die negativen Konsequenzen und auf die Gefahren der Lichtverschmutzung hingewiesen.

Der Verein führt ein laufendes Veranstaltungsprogramm in der Region und den Nachbarregionen durch. Dazu gehören:

1. monatliche frei zugängliche Beobachtungsnächte,
2. Öffentlichen Vorträge in der Region über Astronomie und Lichtverschmutzung,
3. jahrelange Zusammenarbeit mit dem Nationalpark Gesäuse,
4. Kontakte und Machbarkeitsgespräche mit dem Nationalpark Kalkalpen,
5. Laufende Pressemitteilungen, und
6. regelmäßige Messungen der Himmelsqualität, seit 2011 mit eigenem Lightmeter im Star Park. Parallel dazu läuft seit 2015 ein Sky Quality Meter des Lichtmessnetzes des Landes Oberösterreich am gleichen Messplatz (siehe oben S. 11 in diesem Bericht, Station „LOS“)

Der Verein Sternfreunde Steyr steht in Kontakt mit den zuständigen Landesbehörden und hat sie bei der Entwicklung des Themas, etwa der Auswahl der Messplätze für das Landeslichtmessnetz, unterstützt.

Im Internet finden sich weitere Informationen zum Sternenpark Hohe Dirn unter:

<http://www.sternfreunde-steyr.at/aufnahmen/lightpollution.htm>

8 | Umsetzungsaufwand und Umsetzungsmöglichkeiten in Oberösterreich

8.1 | Umsetzungsaufwand

Alle Zertifikate verlangen oder empfehlen regelmäßige Messungen der Qualität des Nachthimmels. Für die Auswahl der zu zertifizierenden Gebiete genügt diesbezüglich die in Abbildung 25 präsentierte Licht-Topographie Oberösterreichs, in Zusammenschau mit den Korrekturen, die sich aus den detaillierten Messungen im Zuge des Landesmessnetz ergeben bzw. schon ergeben haben.

Mit Hilfe der Tabellen der quantitativen Anforderungen (IDA, Starlight Initiative) ergeben sich die passenden möglichen Zertifizierungskategorien.

Die zu erwartenden und teils mit dem Landesmessnetz bereits nachgewiesenen vorhandenen Himmelsqualitäten erlauben in Oberösterreich die voraussichtliche Erreichung der Himmels-Kriterien aller Zertifikate – das ist ein in Europa sehr seltener Sachverhalt.

Das **Dachsteinplateau** wäre das erste höchstrangige alpine Sternlicht-Gebiet und das weltweit erste mit Gletscher mit ganzjährig einzigartigen Nachtphänomenen, vergleichbar in der Besonderheit vielleicht am ehesten mit den Eisriesenhöhlen.

Sofern nicht bereits eine Station des Landesmessnetzes im Gebiet vorhanden ist, werden zusätzliche Messungen erforderlich sein. In einigen Fällen werden Bilder des gesamten Himmels bzw. Horizont-Indikatoren gefordert, deren Aufnahmen ja bereits im Rahmen des Vorhabens in Vorbereitung sind. Der Aufwand für diese Extra Messungen kann aus Erfahrungen mit etwa drei Messfahrten, pro 1-10 Quadratkilometer abgeschätzt werden.

Alle Zertifikate empfehlen oder fordern Leuchtenverzeichnisse. Die Erstellung dieser Verzeichnisse, die vor allem bei den IDA Zertifikaten sehr detailliert spezifiziert sind, erfordert in dem Fall de facto ein lichttechnisches Gutachten. Im Falle der anderen Zertifikate kann das Leuchtenverzeichnis vermutlich von ausgebildeten Personen, etwa einer Parkverwaltung in Zusammenarbeit mit den lokalen Dienstleistern als Zusammenfassung bewältigt werden. Der genaue Aufwand hängt direkt mit der Anzahl der Lichtpunkte (teils auch private) zusammen und muss im Einzelfall abgeschätzt werden.

Die IDA-Zertifikate erfordern neben entsprechenden Verordnungen und Management-Plänen, sowie Leuchtenverzeichnissen auch eine Umrüstung auf regelkonforme (z.B. vollständig abgeschirmte) Leuchten, die innerhalb von fünf Jahren zu mehr als zwei Drittel vollständig sein muss.

Zusätzlich ergibt sich die Verpflichtung zu einer jährlichen Berichterstattung, mit zertifikatsabhängig unterschiedlichem Aufwand. Dazu müssen bei Parks Bildungs- und Veranstaltungsprogramme nachgewiesen werden. Die Übergangszeit für die

Beleuchtungsumrüstung lässt sich auf 8 Jahre verlängern, wenn ein maximal 3 Jahre dauernder provisorischer Status beantragt wird.

Die mehr aus dem Naturschutz/Denkmalschutz stammenden Zertifikate der RASC und die kostenpflichtigen Zertifikate der Starlight Initiative berücksichtigen den Leuchten-Bestand, und es wird auf die Praktikabilität der Optimierungsmöglichkeiten und den Stand der Technik der installierten Leuchten Rücksicht genommen. Schaltzeiten und „Sternstunden“ mit Abschaltkonzepten werden – wie auch bei den „bestirnten Dörfern“ der ANCPEN – zur Erreichung der Ziele des dunklen Himmels und der intakten nächtlichen Umwelt positiv in der Bewertung berücksichtigt.

Die für die Gemeinden zu erwartenden expliziten Kosten reichen von 0 € („bestirnte Dörfer“ unter 200 Einwohner) über 50 € (>200 Einwohner) **bis zu rund 15.000 € (abhängig von der Art und der Lage des Gebietes) für *Starlight Tourist Destinations*. Bei den *IDA-Zertifikaten* sind die Kosten für die Beleuchtungsumstellung auf 2/3 bis 100% Konformität innerhalb von fünf Jahren zu bedenken.** Dazu kommen in praktisch allen Fällen die Erstellungskosten für die Managementpläne und, abhängig vom Zweck, die Kosten der Veranstaltungs- und Bildungsprogramme.

Anhand von Reaktionen auf eine Ausschreibung – ähnlich der „bestirnten Dörfer“ der französischen Vereinigung ANCPEN – könnte anhand von Fragebögen genauer abgeschätzt werden, wie gut der Ist-Zustand die Zertifikatsforderungen bereits erfüllt. Entscheidend für den finanziellen Aufwand ist auch, wie sehr Gemeinden sowohl astronomisch als auch lichttechnisch und touristisch erfahren sind und mit den Anforderungen zurechtkommen. Die weitere Vorgehensweise und Aufwandsabschätzung kann dann daran angepasst werden.

8.2 | Realisierungsempfehlungen

Die folgende Auflistung gliedert die empfohlenen Umsetzungsmöglichkeiten mit aufsteigendem zeitlichem Aufwand.

1. **Ausschreibung eines Wettbewerbs** „Sternendörfer und -städte Oberösterreichs“, nach einem übersetzten Fragebogen und dem Punktwertungsraster der ANCPEN für die Antworten. Die Abwicklung könnte etwa über die Qualitätssicherungsinfrastrukturen der regionalen Tourismusverbände erfolgen, die Vor-Ort-Besuche für die Schlussauswahl erfolgte am besten durch eine ExpertInnenkommission von Personen mit praktischen Erfahrungen bei der Umsetzung von Sterngebieten in Kommunen.

Auf der Basis der Einsendungen können auch genauere Abschätzungen für die Umsetzungsaufwände in konkreten Fällen gewonnen werden. Gleichzeitig zeigt sich das Interesse der Gemeinden und ein Vergleich des Umsetzungsaufwandes wird leichter möglich.

2.1. Die **Erstellung einer Liste der Himmelshelligkeiten für alle oberösterreichischen Gemeinden** nach dem neuen Weltatlas der Lichtverschmutzung mit Korrekturen aus den im aktuellen Bericht erhaltenen Ergebnissen des Lichtmessnetzes Oberösterreich. Die Korrekturen erfolgen so, dass die Abweichungen des Weltatlas von den passenden Monatsmedianen minimiert werden. Das ergibt die beste einfach zu erhaltende Basis für die Einordnung der Gemeinden in jene Zertifizierungskonzepte, die Himmelshelligkeitsmessungen vor Ort fordern und die Zertifikatsvergabe an konkrete Messwerte binden.

2.2. Die **Neuberechnung eines Atlas der Nachthimmelsaufhellung für Oberösterreich** aus den vorhandenen Daten, den mit Hilfe des Messnetzes korrigierten, für Oberösterreich passenden urbanen Richtungscharakteristiken der urbanen Licht-Abstrahlung und unter Berücksichtigung des Geländemodells für Oberösterreich, oder eine andere Berücksichtigung der Bergabschattung. Letztere bietet ein Licht-Schutzpotential, das mit jenen großflächigen Umrüstungen der Beleuchtung vergleichbar ist. Es soll damit eine Abwägung der Abschirmung durch Leuchten und der Abschirmung durch Berge für die Zertifizierungen möglich werden.

2.3. Angebot an die beiden „**Bergsteigerdörfer**“ **Grünau im Almtal und Steinbach am Attersee, innerhalb von zwei Jahren** die Zertifizierung als „Starlight Tourist Destination“ zu unterstützen. Die Himmelsqualität ist dort vielversprechend und der Aufwand ist wegen der bereits bestehenden Nachhaltigkeitszertifizierung seitens des Alpenvereins minimal, und die entsprechenden Verwaltungen sind diese verwandten Zertifizierungen bereits gewohnt. Oft sind bei Bergsteigerdörfern auch bereits UNESCO und Naturschutz-Bezüge vorhanden und die Beleuchtungen passend.

3.1. Einrichtung von zwei „**Sternlichtoasen**“ (mit Milchstraße) am Rande der „milchstraßenlosen Zone“ des oberösterreichischen Zentralraums (z.B. in Davidschlag oder an anderen Orten mit vorhandenen astronomischen Aktivitäten oder Beobachtungsstationen);

3.2. Einrichtung von zwei **Starlight Reserves** oder **IDA Dark Sky Parks**, im zweiten Fall (IDA Zertifikat) mit Neuerrichtung der Beleuchtung. Z.B. eines im Böhmerwald, eines in Kombination mit dem/einem Schutzgebiet/Hochmoor im Freiwald. In beiden Fällen böte sich eine bundesgrenzüberschreitende Vorgehensweise an, analog zum Izera Park (Polen-Tschechien);

4. **Nominierung je eines Sternlichtparks** (IDA, RASC, Starlight, je nach den gemachten Erfahrungen) in den größten Städten, Linz und/oder Wels und/oder Steyr.

5. Zertifizierung von Teilen der oberösterreichischen Kalkalpen (Dachstein, Totes Gebirge, Sensengebirge, Reichraminger Gebirge) als „**Dark Sky Reserve**“ oder „**Dark Sky Sanctuary**“, der höchsten IDA Kategorie um die einzigartige Qualität der Alpenhimmel auch als Nachtlandschaft weit „sichtbar“ zu machen. Die vorliegenden Ergebnisse der Stationen Krippenstein, Losenstein, Bodiggraben und Zöblboden beweisen nach IDA-Standards bereits die erforderlichen Nachthimmelsbedingungen, bis hin zum „Gold-Rang“ der IDA. Die Kategorie

„Sanctuary“ hebt auch hervor, dass die Himmelsqualität, die in Oberösterreich erreichbar ist, sich deutlich von jenen der bereits klassifizierten Stätten der nächstniedrigeren Kategorie abhebt.

9 | Schlussbemerkungen

Die Sternlicht-Zertifikate haben in den letzten Jahren – vor allem in der Folge des Internationalen Jahres der Astronomie 2009 – eine erstaunliche Entwicklung durchgemacht. Die gemeinsame *Astronomie- und Welterbe-Initiative von IAU und UNESCO* hat die damals als besonders herausfordernd erscheinenden Standards und Expertisen der Welterbe-Konvention der Vereinten Nationen in die Schutzbemühungen für Sternlicht Gebiete eingebracht. Zwei Studien, jene für das *Aoraki Mackenzie International Dark Sky Reserve*, bei Lake Tekapo, Neuseeland und die Fallstudie mit Österreich-Bezug, zum *Eastern Alpine Starlight Reserve und der Großmußl Starlight Oasis* befassen sich direkt mit der Möglichkeit einer Kombination von Sternenpark und UNESCO-Welterbestätten.

Wenn man die aktuellsten Richtlinien der Sternenpark-Zertifizierungen vergleichend betrachtet, hat die „Thematische Studie zu Astronomie und Welterbe“ wie viele ihrer Vorgängerinnen eine Entwicklung angestoßen, die zu bemerkenswerter Konvergenz und einem nun international bestehenden hohen fachlichen Standard geführt hat. Gleichzeitig wurden neue Perspektiven ausgearbeitet die die Park-Programme enorm entwickelt haben.

Der Grad der Entwicklung lässt sich ein wenig anhand des Umfangs der technischen Dokumente abschätzen, die für diese Studie der Zertifizierungsmöglichkeiten und ihrer Anforderungen herangezogen werden mussten: IDA – 129 Seiten, Starlight Initiative – 133 Seiten, ANCPEN – 14 Seiten, RASC – 169 Seiten, Vertragssternlichtgebiete ~10 Seiten. Dies enthält nur die Zertifizierungsbestimmungen und Richtlinien, nicht das Mess- und Prüfumfeld und die Untersuchungen zur Himmelsaufhellung.

Diese Dokumente liegen derzeit überwiegend in englischer, französischer und spanischer Sprache vor und bedürfen eines Übersetzungsprogramms, um eine breite Anwendung auf Gemeindeebene zu ermöglichen. Zuerst sollte die *Deklaration von La Palma* in ihrer Vollversion offiziell übersetzt werden. Weitere Übersetzungen sollten sich nach den Entscheidungen über die weitere Vorgehensweise richten. Entsprechend den Empfehlungen dieser Studie wäre der vergleichsweise knappe Text der ANCPEN der nächste, der dann direkt für die Evaluierung im Rahmen eines Wettbewerbs bestimmter Dörfer Oberösterreichs direkt zur Anwendung kommen könnte.

Ein wichtiger Grund für die Entwicklung der Zertifikate ist auch das sehr rasch wachsende Interesse an dem Sternenpark, das zu einem großen Erfahrungsschatz mit den Zertifizierungen und dem Parkmanagement geführt hat. Von einer Handvoll zertifizierter Stätten vor 2009 sind die Listen auf immer schwerer zu überschauende Länge gewachsen und es ist weltweit von deutlich über hundert Sternenparks auszugehen. **Alleine in Deutschland sind offenbar mehr**

Parks in der Planungsphase als weltweit vor dem Jahr der Astronomie 2009 vorhanden waren.

Mittlerweile ist in allen wichtigen Zertifizierungsverfahren mit Wartezeiten zu rechnen. Es ist deshalb ein paralleles Vorgehen von Bewusstseinsbildung und Zertifizierungsvorbereitungen für ein rasches Vorankommen entscheidend.

In Oberösterreich besteht die große Chance, aus einer Kombination von herausragenden natürlichen Ressourcen und einer einzigartigen Tourismusinfrastruktur und -kompetenz eine international wegweisende Vorreiterrolle zu spielen, da aus der Perspektive des Autors die touristische Umsetzung des Themas nirgends an österreichische Standards, etwa im Bereich des Alpin-Tourismus, mit dem Beispiel der Bergsteigerdörfer heranreicht.

Die Autoren des vorliegenden Berichts sind dazu bereit, konkrete Schritte in Richtung der Einrichtung von Nachthimmels-Schutzgebieten in Oberösterreich tatkräftig zu unterstützen.