

Eva Constanze Weiß, Brita Kuechly, Christopher C.M. Kyba,  
Johannes A. Schultz, Svenja Luggenhoelscher,  
für das Nachtlichter-Team

## **Zusammenfassung des englischen Artikels „The Nachtlichter app: a citizen science tool for documenting outdoor light sources in public spaces“**

**(Die Nachtlichter-App: Eine bürger-  
wissenschaftliche App zur Dokumentation  
von Lichtquellen im öffentlichen Raum)**

### **Zitiervorschlag:**

Weiß, E. C., Kuechly, B., Kyba, C., Schultz, J. A., Luggenhoelscher, S., Schulte-Römer, N. (2023): Zusammenfassung des englischen Artikels „The Nachtlichter app: a citizen science tool for documenting outdoor light sources in public spaces“ (Die Nachtlichter-App: Eine bürgerwissenschaftliche App zur Dokumentation von Lichtquellen im öffentlichen Raum), GFZ: Deutsches GeoForschungsZentrum.  
<https://doi.org/10.48440/gfz.1.4.2023.001>

### **Originalveröffentlichung:**

Gokus, A., Hänel, A., Ruby, A., Dröge-Rothaar, A., Kuechly, B., Kyba, C. C. M., Fischer, D., Gruber, D., Weiß, E. C., Klan, F., Sulzer, G., MacMillan, G. T., Kuechly, H., Von Brandis, H., Wuthenow, I. C., Koglin, J., Mattern, J., Schultz, J. A., Veh, J., Leiter, K., Langejahn, M., Zschorn, M., Pavić, M., Blaschke, M., Brauchler, M., Leipold, M., Küppers, N., Schulte-Römer, N., Naboulsi, N., Bilela, P., Binder, R., Curwy, R., Frank, S., Falkner, S., Bauer, S., Liese, S., Maurer, S., Rom, T., Kunzemann, T., Tičinović, V., Altıntaş, Y. Ö., Jongejans, L. L. (2023 online): The Nachtlichter App: A citizen science tool for documenting outdoor light sources in public spaces. - International Journal of Sustainable Lighting, 25, 24-59.  
<https://doi.org/10.26607/ijsl.v25i1.133>

### **Impressum**

Helmholtz-Zentrum Potsdam  
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ  
Telegrafenberg  
D-14473 Potsdam

Veröffentlicht in Potsdam, Deutschland  
2023

DOI: <https://doi.org/10.48440/gfz.1.4.2023.001>



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz. (CC BY 4.0) <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# Zusammenfassung des englischen Artikels „The Nachtlichter app: a citizen science tool for documenting outdoor light sources in public spaces“

(Die Nachtlichter-App: Eine bürgerwissenschaftliche App zur Dokumentation von Lichtquellen im öffentlichen Raum)

Eva Constanze Weiß, Brita Kuechly, Christopher C.M. Kyba\*, Johannes A. Schultz, Svenja Lüggenhoelscher und Nona Schulte-Römer, für das Nachtlichter-Team

\*Autor, an den die Korrespondenz zu richten ist: kyba@gfz-potsdam.de

## 1. Einleitung

Die Erde wird immer heller bei Nacht. Das zeigt der Vergleich von Satellitenaufnahmen im Zeitverlauf, Messungen der Himmelshelligkeit<sup>1</sup> und auch bürgerwissenschaftliche Beobachtungen.<sup>2</sup> Doch die Beziehung zwischen satellitengestützten Messungen nächtlicher Lichtemissionen von Städten und der Anzahl und Art der am Boden installierten Leuchten ist nicht gut erforscht.

Hier stellen wir die „Nachtlichter-App“ vor,<sup>3</sup> die im Rahmen des Nachtlicht-BÜHNE Projekts<sup>4</sup> entwickelt wurde. Die App versetzt Bürgerwissenschaftler\*innen in die Lage, Lichtquellen entlang von Straßenabschnitten zu klassifizieren und zu zählen. Das Projekt und die App wurden von Wissenschaftler\*innen und Bürgerwissenschaftler\*innen gemeinsam entwickelt. Bürgerwissenschaftler\*innen spielten eine Schlüsselrolle bei der Entwicklung und Testung der App sowie im Rahmen der App-basierten Datenerhebung und -auswertung. Insbesondere haben sie Mitforschende zur gemeinsamen Datenerhebung im Rahmen von großangelegten Zähl-Kampagnen motiviert und somit maßgeblich zum Projekterfolg beigetragen.<sup>5</sup> Im Zuge der Datenanalyse beteiligen sich Bürgerwissenschaftler\*innen außerdem bis heute an der Vermittlung und Publikation der Projektergebnisse – so auch an dieser Veröffentlichung, die

---

<sup>1</sup> <https://doi.org/10.48440/GFZ.1.4.2020.002>

<sup>2</sup> Bericht zur zunehmenden Himmelshelligkeit anlässlich einer Veröffentlichung in *Science* (2023): <https://www.gfz-potsdam.de/presse/meldungen/detailansicht/die-sichtbarkeit-von-sternen-am-nachthimmel-nimmt-schneller-ab-als-bislang-angenommen>,

<sup>3</sup> Die Nachtlichter-App ist nur eine von zwei Apps, die im Rahmen des Nachtlicht-BÜHNE Projekts entwickelt wurde. In einem zweiten Teilprojekt entstand die Feuerkugel-App zur Dokumentation von Feuerkugel-Ereignissen. <https://lichter.nachtlicht-buehne.de/>

<sup>4</sup> Bürger-Helmholtz-Netzwerk für die Erforschung nächtlicher Lichtphänomene: <https://nachtlicht-buehne.de/>

<sup>5</sup> Der bürgerwissenschaftliche Prozess ist hier beschrieben: <https://doi.org/10.48440/gfz.b103-23036>

einen wissenschaftlichen Bericht in englischer Sprache auf Deutsch zusammenfasst und allgemein zugänglich macht.<sup>6</sup>

Der englischsprachige wissenschaftliche Aufsatz bietet einen allgemeinen Überblick über das Projekt, angefangen bei den methodischen und wissenschaftlichen Hintergründen, der Entwicklung der Nachlichter-App und Erstellung von Schulungsmaterialien für Mitforschende zur Sicherung der Datenqualität bis hin zu den erhobenen Daten, der Datenbereinigung und einigen grundlegenden Überprüfungen der Daten auf ihre Plausibilität und Richtigkeit.

Diese deutsche Kurzfassung möchte einen kleinen Einblick in die Herausforderungen des Lichter-Zählens geben. Sie beschreibt, wie die Daten überprüft wurden und zeigt weitere Forschungsmöglichkeiten mit der App auf.

## 2. Künstliche Beleuchtung als Problem

Für die Umwelt ist künstliches Licht ein großes Problem, zum Beispiel für nachtaktive Tiere.<sup>7</sup> Sie finden ihr Futter nicht oder können sich nicht orientieren. Manche Tierarten empfinden das Licht sogar als Barriere, die ihre Lebensräume durchschneidet und die Partner- oder Futtersuche erschweren kann.<sup>8</sup> Selbst Pflanzen sind in ihrer Entwicklung gestört.<sup>9</sup> Wissenschaftliche Studien zeigen auch, dass dauerhaft helle Beleuchtung bei Nacht den menschlichen Tag-Nacht-Rhythmus stören kann mit Folgen für das Hormon- und Immunsystem<sup>10</sup>. Das „Kulturgut Sternenhimmel“ ist immer schwieriger zu sehen<sup>11</sup> und zu erforschen.<sup>12</sup>

Weitere Informationen sind in den folgenden Quellen zu finden:

- Eine deutschsprachige Website mit Informationen bereitgestellt von der Vereinigung der Sternfreunde e.V. (<http://lichtverschmutzung.de>)
- Licht aus!? - Ein populäres Buch der Chronobiologin Annette Krop-Benesch in deutscher Sprache
- Ein englischsprachiger Bericht aus dem Jahr 2023 über den Stand der Wissenschaft zur Lichtverschmutzung, veröffentlicht von Darksky International (<https://darksky.org/news/artificial-light-at-night-state-of-the-science-2023-report/>)
- Ein Technikfolgen-Abschätzungsbericht zu Lichtverschmutzung (2020) erstellt im Auftrag des Deutschen Bundestags (<https://doi:10.5445/IR/1000121963>)
- Eine Studie (2018) zu Expert\*innenperspektiven auf Lichtverschmutzung mit angehängter Linksammlung auf Englisch: <https://lightpollutiondiscussion.net/>
- Weitere Informationen (hauptsächlich in englischer Sprache) finden Sie in den in der Originalveröffentlichung zitierten Werken (<https://doi.org/10.26607/ijsl.v25i1.133>)

---

<sup>6</sup> Abrufbar unter: <https://doi.org/10.26607/ijsl.v25i1.133>

<sup>7</sup> <https://doi.org/10.1126/science.adg3173>

<sup>8</sup> Zusammenfassung des Forschungsstands zu ökologischen Wirkungen von künstlicher Beleuchtung bei Nacht auf Flora und Fauna (2018): <https://doi.org/10.48440/GFZ.1.4.2020.003>

<sup>9</sup> <https://doi.org/10.1016/j.baae.2021.10.007>

<sup>10</sup> <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.adg5277> für eine deutsche Zusammenfassung des humanmedizinischen Forschungsstands (2018) siehe: <https://doi.org/10.48440/GFZ.1.4.2020.004>

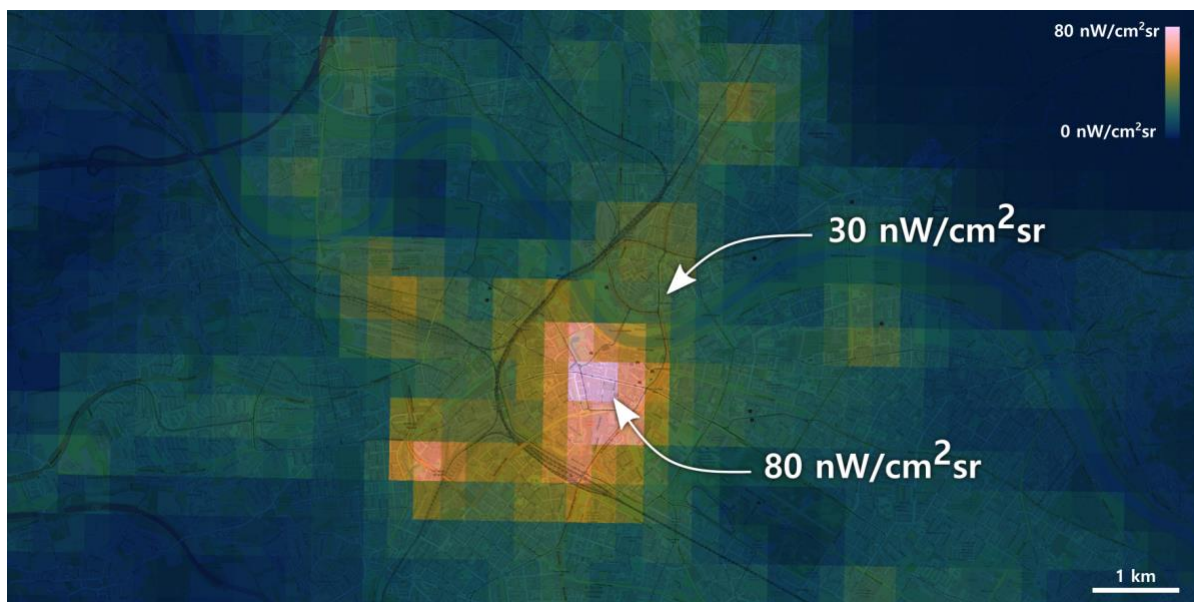
<sup>11</sup> <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.abq7781>

<sup>12</sup> <https://doi.org/10.1093/mnras/stac2929>

### 3. Künstliche Beleuchtung erfassen

Bereits in der Zeit des Zweiten Weltkriegs war Lichtverschmutzung ein Forschungsthema.<sup>13</sup> Die US-Regierung führte eine detaillierte Studie durch, um herauszufinden, welche Arten von Lichtquellen für Lichtglocken<sup>14</sup> verantwortlich waren. Satellitenbilder der Erde bei Nacht haben die Menschen seit ihrer ersten Entwicklung 1989 fasziniert. Seitdem haben Satellitendaten dokumentiert, wie die Lichtemissionen weltweit zugenommen haben. Die Satellitenbilder sagen aber nichts darüber aus, welche Arten von Lichtquellen für die zunehmende Helligkeit verantwortlich sind.

Die Altstadt und die Neustadt von Dresden, aufgenommen von einem Satelliten bei Nacht (Abbildung 1), können als Beispiel dienen, um die wissenschaftliche Beobachtung und Fernerkundung nächtlicher Beleuchtung zu veranschaulichen. In beiden Fällen handelt es sich um dicht bebaute Stadtteile, aber die Altstadt ist um ein Vielfaches heller als die Neustadt. Wir fragen uns: Strahlen die einzelnen Lichter in der Altstadt heller oder gibt es dort einfach mehr Lichtquellen? Diese Fragen lassen sich mit Satellitendaten nicht beantworten. Im Zuge nachhaltiger Planung und Bewertung von Beleuchtung werden aber exakte Angaben zu Lichtquellen und überflüssigen Lichtemissionen benötigt. Die Nachlichter-App kann diese Informationen liefern, indem sie ein Instrument bietet, um Lichter zahlenmäßig zu dokumentieren und ihre Charakteristika im Detail zu erfassen.



**Abbildung 1:** Falschfarbenbild der Strahlungsdichte von Dresden bei Nacht, gemessen von einem Satelliten im September 2020. Dieses Bild wurde von einem Satelliten aus mit einem Instrument aufgenommen, das "VIIRS DNB" oder einfach nur "DNB" heißt (vom englischen Namen "Visible Infrared Imaging Radiometer Suite Day/Night Band"). Die Dresdner Altstadt (rötliche Pixel, 80 nW/cm<sup>2</sup>sr) ist um einiges heller als die Neustadt (grünliche Pixel, 30 nW/cm<sup>2</sup>sr). (Die Einheit nW/cm<sup>2</sup>sr wird zur Messung der Strahlendichte verwendet, die als ein Maß für die Helligkeit angenommen werden kann.) Die Abbildung wurde mit Google Earth

<sup>13</sup> <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA954894>

<sup>14</sup> Lichtglocken (skyglow) bezeichnen die künstliche Aufhellung des Nachthimmels, z.B. über Städten.

Engine produziert, OpenStreetMap hat das Copyright für die Karte im Hintergrund und ist verfügbar unter <https://www.openstreetmap.org>.)

## 4. Künstliche Beleuchtung mit der Nachtlichter App erfassen

Wenn wir bei Dunkelheit eine Straße entlang schauen, kann es verwirrend sein, wie viele Lichtquellen zu sehen sind. Die App erlaubt es Bürgerwissenschaftler\*innen, mittels Lichter-Zählungen und -Klassifizierungen die Beleuchtungssituation in jedem öffentlich zugänglichen Straßenabschnitt ihrer Stadt eigenständig und zu Fuß zu erfassen.

Zur Klassifizierung der verschiedenen Lichtquellen entwickelten wir 18 App-Kategorien, welche die Helligkeit, Größe, Lichtfarbe und Abschirmung der gezählten Lichtquellen näher beschreiben.

Aufgrund dieser Kategorisierung ist das Lichter-Zählen mit der Nachtlichter-App nicht ganz trivial. Um dennoch sicherzustellen, dass Bürgerwissenschaftler\*innen qualitativ hochwertige Daten erheben, haben wir ein interaktives Tutorial entwickelt, um Mitforschende für das Lichter-Zählen zu schulen. In dem Tutorial werden die 18 App-Kategorien mit Hilfe von Fotos erklärt.

Die App erlaubt somit eine standardisierte, mobile und eigenständige Erfassung von künstlichen Lichtquellen überall dort, wo Bürgerwissenschaftler\*innen die App einsetzen wollen. Dadurch ist es möglich, Beobachtungen in viel größeren Gebieten durchzuführen, als es einem einzelnen Forschungsteam möglich wäre.

Im Rahmen der ersten Nachtlichter-Kampagnen im Herbst 2021 zählten Mitforschende fast eine Viertelmillion Lichter an verschiedenen Orten in insgesamt zehn verschiedenen Ländern weltweit und auf einer Fläche von insgesamt 22 Quadratkilometern<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> Pressemitteilung zum Abschluss der 2021 Kampagne unter: <https://www.gfz-potsdam.de/presse/meldungen/detailansicht/nachtlichter-buergerwissenschaftskampagnen-erfolgreich-beendet>

## 5. App-Daten mit der Realität abgleichen

Datenqualität ist ein viel diskutiertes Thema im Zusammenhang mit Bürgerwissenschaft. Im Nachtlichter-Projekt zeigt die Überprüfung der erhobenen Daten eine gute Qualität. Eine Möglichkeit der Überprüfung besteht darin, die bürgerwissenschaftlich erhobenen Daten mit anderen Datensätzen zu vergleichen.

Dies ist möglich mit Blick auf die von uns erfassten Straßenleuchten. In vielen Gemeinden verfügen die Behörden über detaillierte Beleuchtungskataster, die Informationen über die Anzahl öffentlich betriebener Lichtquellen (z.B. Straßenlaternen) enthalten, sowie z.B. ihre Standorte, die installierte Technologie, die Bauformen, den Lichtstrom der verwendeten Lampen und den Energieverbrauch.

Abbildung 2 zeigt die Leuchten der Stadt Dresden im Vergleich mit den im Nachtlichter-Projekt gezählten Straßenbeleuchtungen.



**Abbildung 2:** Karte von einem der Nachtlichter-Zählgebiete in Dresden. Die einzelnen von der Stadt verwalteten Straßenlaternen sind durch kleine Kreise auf den einzelnen Straßenabschnitten (Transekten) im Plan eingezeichnet. Mit der Nachtlichter-App abgezählte Straßenabschnitte werden durch eine schwarze Linie im Verlauf der Straße markiert. Die einzelnen Straßenabschnitte sind von einem farbigen Bereich von bis zu 20 Metern (Pufferzone) umgeben. Die Pufferzone verweist darauf, dass wir auch Lichter zählten, die nicht direkt auf dem jeweiligen Transekt installiert waren, aber von dort aus sichtbar waren. Die Zahl auf der schwarzen Straßenlinie bezeichnet die Anzahl der von Nachtlichter-Teilnehmenden gezählten Straßenleuchten.

Tabelle 1 zeigt die prozentuale Übereinstimmung der von uns per App gezählten Straßenlichter im Vergleich zu den Stadtkatastern. Die Prozentwerte zeigen die Übereinstimmung zwischen den App-Daten und städtischen Kataster-Daten pro Stadt für die Anzahl der gezählten Straßenleuchten pro Nachtlichter-Transekt. Die Angaben zu unterschiedlichen Abweichungsniveaus (Spalte 1 "Differenz") zeigt, dass rund ein Drittel der

bürgerwissenschaftlich erhobenen Daten exakt mit den Daten öffentlicher Kataster übereinstimmen. Lässt man eine Ungenauigkeit von plus-minus fünf Lichtpunkten zu, liegt die Übereinstimmung sogar bei über 80 Prozent.

**Tabelle 1:** Spalte „Differenz“ der Anzahl der bürgerwissenschaftlich kategorisierten Straßenlaternen innerhalb der jeweiligen Straßenabschnitte inklusive Pufferzone mit der Anzahl der Straßenlaternen in den städtischen Katastern (siehe Abbildung 2). Die Nachtlichter-Daten zu Berlin umfassen neben drei großen Analysegebieten auch eine kleine Anzahl nutzergenerierter Zählabschnitte in anderen Teilen der Stadt. Die Zahlen für Köln, Dresden, Fulda und Leipzig repräsentieren die bürgerwissenschaftlichen Daten für vorab definierte und in der Nachtlichter-App ausgewiesene Analysegebiete.

Differenz	Berlin	Köln	Dresden	Fulda	Leipzig
0	33%	36%	43%	30%	31%
±1	61%	69%	66%	62%	53%
±2	74%	83%	80%	79%	63%
±3	84%	89%	85%	83%	72%
±4	87%	91%	91%	86%	78%
±5	92%	94%	93%	88%	81%

Tabelle 2 zeigt, dass die Gesamtzahl der von den Nachtlichter-Teilnehmenden gezählten Straßenlaternen ziemlich gut mit den Datenbanken der öffentlichen Beleuchtung übereinstimmt, wenn sie über die gesamten Kampagnen-Gebiete summiert wird.

Betrachtet man nur Straßenlaternen, stimmt die Nachtlichter-Gesamtsumme in Berlin, Köln und Dresden sehr gut mit den städtischen Daten überein (innerhalb von 8 %), während die Datensätze in Fulda (+39 %) und Leipzig (+25 %), größere Unterschiede aufweisen. Weil wir vor Ort gezählt haben, wissen wir, dass in diesen beiden Städten eine große Anzahl privat betriebener funktioneller Leuchten (z.B. für Wegebeleuchtung) in unseren Zählgebieten in Betrieb sind. Diese Leuchten lassen sich kaum oder gar nicht von Straßenlaternen unterscheiden. Wir gehen daher davon aus, dass Mitforschende teilweise private Wegebeleuchtung als Straßenbeleuchtung gezählt haben.



**Tabelle 2.** Vergleich der Gesamtzahl der in städtischen Katastern erfassten öffentlich betriebenen Leuchten (Zeile 1) mit der Gesamtzahl der per Nachtlichter-App erfassten Straßenleuchten (Zeile 2) sowie mit der Anzahl der App-erfassten Straßen- und Wegeleuchten (Zeile 3) in den jeweiligen Analysegebieten.

	Berlin	Köln	Dresden	Fulda
Summe der Lichter im städtischen Kataster	1424	1173	2099	953
Summe der von Nachtlichter gezählten Straßenlampen	1488	1251	1978	1336
Nachtlichter Straßen- und Wegebeleuchtung	1919	1566	2470	1512

Der Datenabgleich für die mit der Nachtlichter-App erfassten Straßenleuchten zeigt, dass die Mitforschenden gewissenhaft gezählt haben. Für andere Lichttypen, die wir mit der App erfasst haben (z.B. Lichterketten, beleuchtete Fenster, etc.), stehen uns zwar keine öffentlichen Daten für einen Abgleich zur Verfügung. Die Überprüfung der Daten zeigt aber eine hohe Plausibilität (z.B. viele beleuchtete Fenster in dicht bebauten Gebieten). Zudem haben wir selbst mit anderen Mitforschenden Lichter gezählt und wissen aufgrund unserer Erfahrungen vor Ort, dass wir auch die anderen Lichtquellen genauso sorgfältig gezählt und kategorisiert haben, wie die Straßenlaternen.

## 6. Vor- und Nachteile

Im Vergleich zu Satellitendaten können die Zählungen mit der Nachtlichter-App mehr Details zu den vorhandenen Lichtern liefern, allerdings mit höherem menschlichen Zeitaufwand. Ein wichtiger Vorteil des App-gestützten Zählens ist die Möglichkeit, Lichtquellen in einer komplexen Szene differenziert zu klassifizieren (s. Abbildung 3). Mitforschende hatten aufgrund ihres menschlichen Urteilsvermögens keine Probleme, z.B. Lichter von Lichtreflexionen zu unterscheiden und Abstrahlwinkel (abgeschirmtes Licht oder in alle Richtungen leuchtend) genau zu bestimmen. Dies können automatisierte Kamerasysteme nicht ohne weiteres leisten. Wir konnten außerdem alle vorhandenen Lichtquellen inklusive privater Beleuchtung erfassen, wohingegen kommunale Datenbanken und Kataster auf die öffentliche Beleuchtung beschränkt sind.



**Abbildung 3:** Dieses Foto von Berlin bei Nacht zeigt künstliche Lichtquellen und Lichtreflexionen aus der Vogelperspektive. Im Vordergrund werden die Lichtemissionen durch Bäume verdeckt. Foto: René Curwy (Paten der Nacht<sup>16</sup>).

Trotz des Gesamterfolgs des Projekts gibt es im Vergleich zu den Satelliten- und Luftaufnahmen Einschränkungen, die mit dem bürgerwissenschaftlichen Ansatz zusammenhängen. Diese lassen sich in drei Bereiche einteilen:

- 1) Einschränkungen im Zusammenhang mit den Lichtquellen: Unsere Zählungen fanden nur in öffentlich zugänglichen oder öffentlich einsehbaren Bereichen statt, wodurch z.B. verdeckte Lichter in privaten Hinterhöfen nicht erfasst wurden.
- 2) Einschränkungen im Zusammenhang mit unseren Kategorien: Die App-Kategorien können nicht alle möglichen Lichtsituationen abbilden. Werden beispielsweise Lichtquellen in Unterführungen in der App als „überdachte Beleuchtung“ oder „Straßenbeleuchtung“ erfasst?
- 3) Einschränkungen im Zusammenhang mit der Nutzung einer App: Es kommt nicht jeder Mensch gut mit Technik zurecht. Es kann sein, dass sich dadurch manche Interessierte nicht am Projekt beteiligt haben. (Anfangs zogen es einzelne Mitforschende vor, Lichter mit Papier und Stift zu zählen und zu kategorisieren. Sie wechselten aber bald zur App.)

---

<sup>16</sup> <https://www.paten-der-nacht.de>

Neben der Zusammenstellung eines einzigartigen, umfassenden und nützlichen Datensatzes besteht ein weiteres Ergebnis der App darin, dass viele Teilnehmende durch die Sensibilisierung für Beleuchtung nun ihre nächtliche Umgebung mit anderen Augen sehen. Dies wurde in den Rückmeldungen der Teilnehmenden während der vielen Zoom-Meetings, der gemeinsamen Lichtzählungstouren und auch in der abschließenden Teilnehmerbefragung<sup>17</sup> berichtet. Zu dieser veränderten Wahrnehmung gehörte die Erkenntnis, dass es in der unmittelbaren Umgebung der Mitforschenden weitaus mehr und vielfältigere Lichtquellen gibt, als sie bisher wahrgenommen hatten. Zudem sensibilisierte das App-basierte Lichter-Zählen für unnötige und schlecht installierte Lichtquellen (z. B. nach oben strahlende Lichter, helle Beleuchtungen auf leeren Straßen usw.).

## 7. Schlussfolgerung und Ausblick

Die Nachtlichter-App liefert zuverlässige Daten und ermöglicht die Erstellung von Datensätzen zur Beleuchtungssituation einzelner Straßenabschnitte. Der aktive Beitrag von Bürgerwissenschaftler\*innen während der gesamten Projekt- und App-Entwicklungsphase hat stark zur Benutzerfreundlichkeit der endgültigen App beigetragen. Die Nachtlichter-App ermöglicht so die Erhebung von Daten in noch nie dagewesenem Maßstab. Unsere Gruppe arbeitet derzeit an einer Analyse der in den Jahren 2021 und 2022 gesammelten Daten. Wir gehen davon aus, dass wir in einer zukünftigen Veröffentlichung in der Lage sein werden, die Satellitenbeobachtungen, die in radiometrischen<sup>18</sup> Einheiten wie  $nW/cm^2sr$  vorliegen, in verständlichere Angaben wie Lichter/ $km^2$  zu übersetzen.

In Zukunft könnte die App für verschiedene andere wissenschaftliche Zwecke genutzt werden. Zum Beispiel verwendet unsere Gruppe im Rahmen des *Wissenschaftsjahres 2023 - Unser Universum* die App, um herauszufinden, wie sich verschiedene Lichtarten im Laufe der Nacht verändern. Dies wird bei der Interpretation von Satellitenbildern, die zu einer festen Überflugszeit mitten in der Nacht aufgenommen werden, von großem Nutzen sein. Eine weitere mögliche Anwendung besteht darin, ein Gebiet in einem Jahr zu vermessen und dann einige Jahre später zurückzukehren, um zu sehen, was sich verändert hat. Dies würde bei der Interpretation von Satellitenbeobachtungen helfen, welche die Veränderungen der Helligkeit nächtlicher Lichtemissionen von der Erde zeigen. Ebenso könnte die Methode genutzt werden, um die Ursachen für große Unterschiede in der Strahldichte (ein Fachbegriff und Maß für Helligkeit) von Gebieten mit ähnlicher Bevölkerung und wirtschaftlicher Entwicklung zu untersuchen. Auf lokaler Ebene könnte die App verwendet werden, um Gebiete mit außergewöhnlichen Lichtemissionen zu identifizieren, um politische Entscheidungsträger zu informieren oder gezielte Maßnahmen gegen unnötige Beleuchtung zu ermöglichen. Durch die Untersuchung von Veränderungen im Laufe der Nacht könnten auch bestehende oder vorgeschriebene Praktiken von Lichtabschaltungen bewertet werden.

---

<sup>17</sup> <https://doi.org/10.48440/gfz.b103-23036>

<sup>18</sup> Radiometrie ist die Messung des Lichts. Die Strahldichte ist eine physikalische Einheit, die in  $W/m^2sr$  gemessen wird. Für die Zwecke dieser Zusammenfassung kann sie als Helligkeit betrachtet werden.

Während die Entwicklung der App in erster Linie durch wissenschaftliche Fragen motiviert war, schuf der Co-Design-Ansatz eine Gemeinschaft. Die sozialwissenschaftliche Begleitforschung<sup>19</sup> zeigte, dass einige unserer Teilnehmenden die Zusammenarbeit als willkommene Ablenkung von der COVID19-Pandemie empfanden, die unsere intensivsten Entwicklungsphasen mit Lockdowns und Ausgangsbeschränkungen begleitete. Bei der Aussicht auf das Projektende und somit die Auflösung der Gemeinschaft waren viele Teilnehmende enttäuscht, was vom GFZ-Team so nicht erwartet wurde. Wir werten den Zusammenhalt unseres Bürgerwissenschaftsteams als einen Projekterfolg und das Projekt hat sehr von dieser positiven Dynamik profitiert.

Unserer Gruppe ist es gelungen, ein äußerst nützliches Instrument zur Datenerfassung zu schaffen, welches das Potenzial hat, für weitere spannende Forschungsarbeiten genutzt zu werden. Wir hoffen, dass die App am Ende ein Leben haben wird, das über dieses erste Projekt hinausgeht.

## 8. Danksagung

Wir danken allen Teilnehmenden, die während der Nachtlichter-Kampagnen Beobachtungen gemacht haben. Diese Arbeit wurde als Teil des Nachtlicht-BühNE-Projekts, gegründet von der Helmholtz Gemeinschaft Impuls- und Vernetzungsfonds, gefördert unter CS-0003. C.C.M.K., H.K., N.S.R, und Y.O.A. zusätzlich finanziert von der Helmholtz Gemeinschaft Impuls- und Vernetzungsfonds gefördert unter ERC-RA-0031, Sowie von der Europäischen Union Horizont 2020 Forschungs- und Innovationsprogramm unter der Finanzierungsvereinbarung Nr. 689443 über Projekt GEOEssential. C.C.M.K. F.K., L.L.J., und S.M. wurden zusätzlich durch das Nachtlicht-BühNE im Wissenschaftsjahr 2023 Projekt finanziert, als Teil des *Wissenschaftsjahr 2023 - Unser Universum*, finanziert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).

---

<sup>19</sup> <https://doi.org/10.48440/gfz.b103-23036>

## 9. Vollständiges Nachtlichter-Autorenteam aus dem zusammengefassten englischen Artikel:

Andrea Gokus<sup>1</sup>, Andreas Hänel<sup>2</sup>, Andreas Ruby<sup>3</sup>, Arne Dröge-Rothaar<sup>4</sup>, Brita Kuchly<sup>2</sup>, Christopher C.M. Kyba<sup>3,4</sup>, Daniel Fischer<sup>2</sup>, David Gruber<sup>5</sup>, Eva C. Weiß<sup>2</sup>, Friederike Klan<sup>6</sup>, Georg Sulzer<sup>2</sup>, Georgia T. MacMillan<sup>7</sup>, Helga Kuechly<sup>3</sup>, Henning von Brandis<sup>2</sup>, Isabell C. Wuthenow<sup>8</sup>, Jacob Coglein<sup>2</sup>, Janina Mattern<sup>2</sup>, Johannes A. Schultz<sup>4</sup>, Johannes Veh<sup>9</sup>, Katharina Leiter<sup>10</sup>, Loeka L. Jongejans<sup>4,3</sup>, Marcus Langejahn<sup>11</sup>, Maria Zschorn<sup>2</sup>, Marijana Pavić<sup>12</sup>, Maximilian Blaschke<sup>13</sup>, Melanie Brauchler<sup>14</sup>, Michaela Leipold<sup>8</sup>, Nathalie Küppers<sup>15</sup>, Nona Schulte-Römer<sup>3,16</sup>, Normän Naboulsi<sup>2</sup>, Petra Bilela<sup>12</sup>, Reinhart Binder<sup>2</sup>, René Curwy<sup>2</sup>, Sabine Frank<sup>17</sup>, Sebastian Falkner<sup>2</sup>, Sicco Bauer<sup>2</sup>, Steffen Liese<sup>13</sup>, Swantje Maurer<sup>4</sup>, Tamara Rom<sup>12</sup>, Thomas Kunzemann<sup>2</sup>, Vita Tičinović<sup>12</sup>, Yiğit Öner Altıntaş<sup>3</sup>

1 Washington University in St. Louis, 63130 St. Louis, MO, USA

2 Citizen Scientist

3 GFZ German Research Centre for Geosciences, 14467 Potsdam, Germany

4 Ruhr-Universität Bochum, 44801 Bochum, Germany

5 Naturmuseum Südtirol, 39100 Bozen, Italy

6 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, 07745 Jena, Germany

7 University of Galway, Galway, Ireland

8 Umweltzentrum Fulda, 36041 Fulda, Germany

9 Erlangen National High Performance Computing Center, 91058 Erlangen, Germany

10 Planetarium Nürnberg, 90429 Nürnberg, Germany

11 Technische Universität München

12 University of Split, 21000 Split, Croatia

13 Umweltinstitut Leipzig e.V., 04277 Leipzig, Germany

14 Universität Trier, 54286 Trier, Germany

15 Hochschule Bochum, 44801 Bochum, Germany

16 Humboldt-Universität zu Berlin, 10117 Berlin, Germany

17 Landkreis Fulda, 36037 Fulda, Germany