

GFZ

Helmholtz Centre
POTS DAM

HELMHOLTZ CENTRE POTSDAM
**GFZ GERMAN RESEARCH CENTRE
FOR GEOSCIENCES**

Nona Schulte-Römer, Sicco Bauer, Daniel Fischer,
Friederike Klan, Helga Kuechly, Janina Mattern,
Georg Sulzer, Eva C. Weiß, Maria Zschorn,
Christopher C. M. Kyba

Wir zählen Lichter, weil die Nacht zählt.

**Transdisziplinäre Zusammenarbeit im
Nachtlicht-BÜHNE Projekt**

Scientific Technical Report STR23/06

Zitiervorschlag:

Schulte-Römer, N., Bauer, S., Fischer, D., Klan, F., Kuechly, H., Mattern, J., Sulzer, G., Weiß, E. C., Zschorn, M., Kyba, C. (2023): Wir zählen Lichter, weil die Nacht zählt. Transdisziplinäre Zusammenarbeit im Nachtlcht-BühNE Projekt, (Scientific Technical Report STR ; 23/06), Postdam: GFZ German Research Centre for Geosciences. <https://doi.org/10.48440/gfz.b103-23036>

Impressum

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

Veröffentlicht in Potsdam, Deutschland
2023

DOI: <https://doi.org/10.48440/gfz.b103-23036>
URN: urn:nbn:de:kobv:b103-23036

Diese Arbeit erscheint in der GFZ-Reihe Scientific Technical Report (STR)
und ist elektronisch verfügbar auf unserer Publikationsplattform GFZpublic: <https://tinyurl.com/GFZ-ST-Reports>

ISSN: 2190-7110



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

Wir zählen Lichter, weil die Nacht zählt.

Transdisziplinäre Zusammenarbeit im *Nachtlicht*-BÜHNE Projekt

Nona Schulte-Römer^{a,c}; Sicco Bauer*, Daniel Fischer*, Friederike Klan^b, Helga Kuechly^a, Janina Mattern*, Georg Sulzer*, Eva C. Weiß*, Maria Zschorn*, Christopher C. M. Kyba^{ad}

* Bürgerwissenschaftsteam

^a Deutsches GeoForschungsZentrum Potsdam, Helmholtz-Zentrum Potsdam

^b Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt - Institut für Datenwissenschaften, Jena

^c Humboldt-Universität zu Berlin

^d Ruhr-Universität Bochum

Zusammenfassung

Das Bürgerwissenschaftsprojekt *Nachtlichter* ist Teil des *Nachtlicht*-BÜHNE Projekts (2019 – 2022), finanziert von der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF). Im Projekt haben wir einen bisher einzigartigen und weiterhin wachsenden Datensatz erstellt. Hierzu entwickelten wir im Rahmen einer fast zweijährigen, transdisziplinären Teamleistung zunächst eine mobile Web Applikation, die *Nachtlichter*-App. Zum Einsatz kam die App vom 31. Aug. bis 14. Nov. 2021. Über zweihundert Mitforschende zählten und dokumentierten fast eine Viertelmillion künstliche Lichtquellen auf öffentlichen Straßen und Plätzen. *Nachtlichter*-Kampagnen liefen vorwiegend in deutschen Städten. Dieser Projektbericht dokumentiert den bürgerwissenschaftlichen Forschungsprozess basierend auf sozialwissenschaftlichen Datenerhebungsmethoden wie Interviews, teilnehmenden Beobachtungen und einer Nachbefragung der *Nachtlichter*-Beteiligten, an der 97 Personen freiwillig teilnahmen. Ausgehend von unseren gemeinsamen Erfahrungen, teilen wir mit diesem Bericht unser praktisch erprobtes Verständnis von Bürgerwissenschaft als gemeinsamen Prozess auf Augenhöhe und unsere Begeisterung. Wir schließen mit drei Vorschlägen für nachhaltige partizipative Forschung.

Highlights

- Rückblick auf die bürgerwissenschaftliche App-Entwicklung und App-basierte Datenerhebung im Projekt *Nachtlicht*-BÜHNE (Forschungsphase 2019 - 2022).
- Persönliche Beteiligungsgründe, Projektbewertungen und Einbindung in das Projekt basierend auf dem Feedback einer Online-Nachbefragung mit 97 Projektbeteiligten.
- Vier zentrale Motivationsmuster basierend auf leitfadengestützten Interviews mit Kampagnen-Organisationsteams, Umfragedaten und teilnehmenden Beobachtungen.
- Drei Erfolgsrezepte nachhaltiger, partizipativer Forschung basierend auf Erfahrungen mit App-Entwicklung, Datenerhebung und Teamgeist im *Nachtlicht*-BÜHNE Projekt.

Keywords: Bürgerwissenschaft, bürgerwissenschaftliche Motivationen und Engagement, App-Co-Design, Nachtlichter, Verlust der Nacht, Artificial light at night (ALAN)

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	4
2. DAS NACHTLICHTER-PROJEKT – ZU NACHHALTIGER BELEUCHTUNG BEITRAGEN.....	7
2.1. NACHHALTIGE BELEUCHTUNG – HANDLUNGSBEDARF BEI LÜCKENHAFTER DATENLAGE	7
2.2. PROJEKTZIEL: ENTWICKLUNG EINER MOBILEN APPLIKATION ZUR LICHTER-ERFASSUNG	8
3. RÜCKSCHAU UND REFLEXION – BÜRGERWISSENSCHAFTLICH LICHTER ZÄHLEN	10
3.1. ENGAGEMENT IM NACHTLICHTER-PROJEKT: MOTIVATIONEN UND BETEILIGUNGSMODI	11
<i>Wer hat mitgeforscht: Die Mehrheit hat studiert, jüngere Frauen, ältere Männer</i>	<i>12</i>
<i>Wie kamen die Mitforschenden zum Projekt: Soziales Umfeld reißt mit</i>	<i>14</i>
<i>Warum wurde mitgeforscht: Naturschutz, Faszination ‚Sternenhimmel‘, Neugier</i>	<i>15</i>
<i>Wie intensiv wurde mitgeforscht: Ein kleines Kernteam und ein großes Netzwerk</i>	<i>16</i>
3.2. PROJEKTPHASEN UND BETEILIGUNG HERBST 2019 BIS FRÜHJAHR 2022	18
<i>Kick-off Workshop und Gruppenbildung</i>	<i>18</i>
<i>Die App-Entwicklung - Herbst 2019 bis Sommer 2021</i>	<i>20</i>
<i>Die Nachtlichter-Kampagnen – August 2021 bis November 2021</i>	<i>28</i>
3.3. VIER MOTIVATIONSMUSTER FÜR BÜRGERWISSENSCHAFTLICHES ENGAGEMENT	38
<i>Thematische Motivation: Schutz der Nacht, Wissenstransfer und Sensibilisierung....</i>	<i>38</i>
<i>Neugier: Von Forschungsgeist zu neuen Erkenntnissen und Erfahrungen</i>	<i>40</i>
<i>Gruppendynamik: Von Freundschaftsdienst bis Gemeinschaftsgefühl</i>	<i>41</i>
<i>Projektdenken: Zwischen Erfolgs- und Pflichtgefühl</i>	<i>43</i>
4. FAZIT: NACH DEM ZÄHLEN IST VOR DEM ZÄHLEN?	45
4.1. DREI BEOBACHTUNGEN ZU NACHHALTIGER PARTIZIPATIVER FORSCHUNG	45
<i>Einbindung auf Augenhöhe macht Bürgerwissenschaft nachhaltig.....</i>	<i>45</i>
<i>Breite Einbindung von Mitforschenden lohnt sich doppelt</i>	<i>46</i>
<i>Bürgerwissenschaft lebt von (Wissenschafts)kommunikation.....</i>	<i>47</i>
4.2. DANK UND AUSBLICK.....	48
5. REFERENZEN	49
6. ANHANG	50
<i>Anhang 1: Fragebogen und Rücklaufstatistik</i>	<i>50</i>
<i>Anhang 2: Infolyer Nachtlichter-Kampagnen 2021</i>	<i>50</i>
<i>Anhang 3: Vorträge von ehrenamtlich Mitforschenden und Medienberichte</i>	<i>50</i>
<i>Anhang 4: Checkliste und Info für Kampagnen-Organisationsteams</i>	<i>50</i>

Abbildungsverzeichnis*

Abb. 1: Projektphasen und Beobachtungszeitraum dieses Projektberichts.	9
Abb. 2: Geschlechter- und Altersverteilung der Umfrage-TN sowie Bildungsabschlüsse.	12
Abb. 3: Altersverteilung der weiblichen (w) und männlichen (m) Umfrage-TN.	13
Abb. 4: Wir fragten: „Wie bist du auf das Projekt aufmerksam geworden?“	15
Abb. 5: Wir fragten: „Warum hast du dich entschlossen, an diesem Projekt teilzunehmen?“	15
Abb. 6: Ranglisten der Beteiligungsgründe unter weiblichen und männlichen Umfrage-TN.	16
Abb. 7: Projektschritte, an denen sich die TN nach eigenen Angaben beteiligten.....	17
Abb. 8: TN-Angaben zum Zeitaufwand im Verhältnis zu den Informationskanälen.....	18
Abb. 9: Feedback zu den Gruppendiskussionen des Auftakt-Workshops 2019.	20
Abb. 10: Das Leuchten-Wiki illustriert alle im Außenbereich vorgefundenen Lichtarten.	21
Abb. 11: App-Symbole für unterschiedliche Lichttypen.	22
Abb. 12: Lichtexpertinnen und -experten sprechen im Falle der linken und mittleren Beleuchtung von warmweißem Licht. Die Natrium-Hochdrucklampe rechts scheint dagegen gelb.	22
Abb. 13: Mit der App zählen wir ein privates Fenster, wenn die erhellte Fläche etwa der Größe einer erwachsenen Person mit ausgestreckten Armen entspricht.	23
Abb. 14: Wir fragten: „Wenn du an den gemeinsamen App-Entwicklungsprozess zurückdenkst, wie sehr stimmst du dann folgenden Aussagen zu?“	24
Abb. 15: Vorab markierte Zählabschnitte (Transekte) waren in der App-Ansicht blau markiert und verwandelten sich in gelbe Abschnitte, sobald die Zählung abgeschlossen war.	29
Abb. 16: Gezählte Lichter in Dresden (orange) und Potsdam (blau) im Verlauf der Nachtlichter-Kampagnen. Die hell gepunkteten Linien markieren die Durchschnittswerte	32
Abb. 17: Unterschiedlichen Wege zum jeweiligen Kampagnen-Ziel (100%) in den sechs größten Kampagnen-Städten unabhängig von der absoluten Menge der gezählten Lichter.....	33
Abb. 18: TN-Angaben zu ihrem zeitlichen Engagement während der Nachtlichter-Kampagne	34
Abb. 19: TN-Angaben zu ihrem zeitlichen Engagement aufgeschlüsselt nach Dauer und Art der Projektbeteiligung.....	35
Abb. 20: Wir fragten: „Wie viel Zeit hast du im Kampagnenzeitraum ungefähr mit Lichter-Zählen verbracht?“ Auswertung nach männlichen (m) und weiblichen (w) TN.	35
Abb. 21: Wir fragten: „Wie viel Zeit hast du im Kampagnenzeitraum ungefähr mit Lichter-Zählen verbracht?“ Auswertung nach TN unter 35 und TN über 49 Jahren.....	36
Abb. 22: Wir fragten: „Wenn du ans Lichter-Zählen mit der Nachtlichter-App zurückdenkst, wie sehr stimmst du folgenden Aussagen zu?“	37

*Alle Grafiken zur Nachbefragung hat Georg Sulzer erstellt.

1. Einleitung

Wir zählen Lichter, weil die Nacht zählt! Unter diesem Motto erfassten und klassifizierten wir im **Bürgerwissenschaftsprojekt *Nachtlichter*** künstliche Lichtquellen auf öffentlichen Straßen und Plätzen. Die Datenerhebung erfolgte mittels der mobilen ***Nachtlichter-App***, die wir eigens für dieses Vorhaben entwickelten.

„Wir“ meint ein **transdisziplinäres Team** aus zeitweise rund zweihundert Mitforschenden und fünf wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern dreier Helmholtz-Zentren.¹ Für Kontinuität sorgte **ein Kernteam** besonders engagierter Mitforschender, die teils über Monate und Jahre die App-Entwicklung, die Planung und Durchführung der *Nachtlichter*-Kampagnen an verschiedenen Orten und die Auswertung mitgetragen haben.²

Bürgerwissenschaft bezeichnet Projekte, in denen Ehrenamtliche an Forschung mitwirken. Mitforschende erheben Daten, die der Wissenschaft sonst nicht zur Verfügung stünden, sie bringen neue Perspektiven, Wissen und Erfahrungen ein und sind sogar an der Entwicklung wissenschaftlicher Fragestellungen und Methoden beteiligt. Entsprechend haben wir im *Nachtlichter*-Projekt ein Datenerhebungsinstrument für Bürgerwissenschaft entwickelt und mit Hilfe dieser App einen einzigartigen und wachsenden Datensatz erstellt.

Ziel des *Nachtlichter*-Projekts war und ist es, nachhaltige Beleuchtungsprojekte und -politik bürgerwissenschaftlich zu unterstützen, insbesondere mittels neuer Daten und Erkenntnisse über die Ursachen künstlicher Lichtemissionen.

Die *Nachtlichter-App* entwickelten wir zur bürgerwissenschaftlichen Erfassung von Lichtemissionen künstlicher Lichtquellen als mobil nutzbare Web Applikation. Der bürgerwissenschaftliche Prozess der App-Entwicklung und Testung dauerte fast zwei Jahre. Von Herbst 2019 bis Herbst 2021 trafen wir uns zweiwöchentlich zu Online-Treffen. Mit der konkreten Umsetzung beauftragten wir die professionelle App-Entwicklungsfirma *Natural Aptitude*. Mittels der App konnten wir dann im Herbst 2021 systematisch künstliche Lichtquellen in ausgewählten Wohn-, Stadt- und Industriegebieten erfassen.

Die *Nachtlichter*-Kampagnen 2021 liefen vom 31. August bis 14. November und dienten der möglichst flächendeckenden Datenerhebung. Per *Nachtlichter* App dokumentierten und kategorisierten wir sowohl kommerzielle Leuchtreklamen und hell erleuchtete Schaufenster, als auch private Wegebeleuchtung, Lichterketten auf Balkonen und leuchtende Klingelschilder. Zudem klassifizierten wir jede Lichtquelle, indem wir neben der

¹ Christopher Kyba (Projektleiter, GFZ Potsdam), Helga Kuechly – Wissenschaftliche Mitarbeiterin und Projektkommunikation (GFZ Potsdam, 2019 bis März 2021), Yiğit Öner Altıntaş – studentischer Mitarbeiter (GFZ-Potsdam), Nona Schulte-Römer – sozialwissenschaftliche Begleitforschung und Projektkommunikation (UFZ Leipzig, 2019 – Nov. 2020, dann GFZ Potsdam März 2021 bis März 2022), Friederike Klan (Projektleitung Gesamtprojekt *Nachtlicht*-BÜHNE und Projektleitung des parallel laufenden Teilprojekts ‚Feuerkugeln‘, Institut für Datenwissenschaften, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Jena.

² Teil dieser Gruppe besonders engagierter Mitforschender sind und waren: Sicco Bauer, Henning von Brandis, René Curwy, Sebastian Falkner, Daniel Fischer, Sabine Frank, Andrea Gokus, David Gruber, Andreas Hänel, Jacob Koglin, Brita Küchly, Marcus Langejahn, Katharina Leiter, Janina Mattern, Normän Naboulsi, Markus Rudolphi, Georg Sulzer, Johannes Veh, Eva C. Weiß, Maria Zschorn.

Beleuchtungsart auch die Menge und Größe von Lichtpunkten bzw. Leuchtflächen sowie Lichtfarben, Abstrahlwinkel und subjektiv empfundene Helligkeit mit der App erfassten.

Die dezentral organisierten Kampagnen erfolgten zum einen in konzertierter und vorbereiteter Form in mehreren deutschen Städten und zum anderen als individuelle Messaktionen an unterschiedlichen Orten weltweit. Diese dezentrale Organisation war äußerst erfolgreich: Im Herbst 2021 erfassten rund zweihundert engagierte Bürgerwissenschaftlerinnen und Bürgerwissenschaftler fast eine Viertelmillion Lichter auf öffentlichen Straßen und Plätzen und klassifizierten sie nach Art, Helligkeit und Farbe. Die Fläche der zusammenhängenden Zählgebiete summierte sich auf insgesamt 22 Quadratkilometer und die Teilnehmenden legten beim Lichter-Zählen eine Gesamtstrecke von 645 km zurück. Eine kleine Gruppe der Beteiligten ist bis heute (Stand November 2023) an der Datenauswertung, Analyse und Veröffentlichungen oder öffentlichen Vorträgen beteiligt.

Der *Nachtlichter*-Datensatz ist bisher einzigartig, sowohl hinsichtlich der erfassten Fläche, als auch hinsichtlich der gesammelten Informationen über Lichtquellen im Außenbereich. In den bestehenden öffentlichen Katastern ist nur die öffentliche Beleuchtung erfasst. Lichtemissionen gehen aber nicht nur von Straßenbeleuchtung aus, sondern auch von kommerzieller und privater Beleuchtung (Barentine u. a. 2020). Der *Nachtlichter*-Datensatz bietet so erstmals die Möglichkeit, ein Gesamtbild der nächtlichen Außenbeleuchtung zu erhalten, inklusive der Lichtemissionen, die aus privaten Innenbereichen nach außen strahlen, um so zum Beispiel raumbezogene Fernerkundungsdaten zu Lichtemissionen mit Informationen über die Ursachen der Emissionen am Boden abzugleichen. Die aus diesen Daten gewonnenen Erkenntnisse veröffentlichen wir in wissenschaftlichen Fachzeitschriften.

Das *Nachtlichter* Projekt unter der Leitung von Christopher Kyba, GFZ Potsdam, ist Teil von ***Nachtlicht-BÜHNE – Bürger-Helmholtz-Netzwerk zur Erforschung nächtlicher Lichtphänomene***. Im Schwesterprojekt *Feuerkugeln* unter Leitung von Friederike Klan, DLR Jena, entwickelte ein Bürgerwissenschaftsteam eine weitere Web Applikation zur Dokumentation von Meteor-Ereignissen. *Nachtlicht-BÜHNE* ist ursprünglich ein Projekt der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF), die das Projekt 2019 bis 2022 aus Geldern des Impuls- und Vernetzungsfonds der HGF finanzierte. Danach erhielt das Projekt eine Anschlussförderung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im BMBF Wissenschaftsjahr 2023 – Unser Universum, was eine weitere Datenerhebungsphase im Herbst 2023 möglich machte.

Dieser Projektbericht dokumentiert unseren bürgerwissenschaftlichen Arbeitsprozess basierend auf Interviews mit den Beteiligten, teilnehmenden Beobachtungen der sozialwissenschaftlichen Projektbegleiterin Nona Schulte-Römer und einer freiwilligen Umfrage unter den Lichter-Zählenden, an der sich 97 Mitforschende und auch Mitglieder des Wissenschaftsteams beteiligten. Der Bericht dokumentiert somit einerseits unsere Zusammenarbeit, unterschiedliche Motivationen und Gruppendynamiken. Andererseits können unsere Erfahrungen mit den *Nachtlichter* Kampagnen auch Hinweise über die Erfolgsbedingungen von Bürgerwissenschaftsprojekten allgemein bieten. Im Folgenden geben wir zunächst eine kurze Einführung zum Projekt und den wissenschaftlichen und

gesellschaftlichen Hintergründen (2). Der Hauptfokus des Berichts liegt dann auf der Reflexion der bürgerwissenschaftlichen Zusammenarbeit und Motivation (3). Die wissenschaftlichen Hintergründe und Methoden der *Nachtlichter* Datenerhebung stellen wir in einer gesonderten wissenschaftlichen Publikation dar (Gokus u. a. 2023). Wir zeigen insbesondere, was die Projektbeteiligten zum Mitforschen bewog, was die lokalen Messkampagnen auszeichnete, inwiefern sich die Gruppendynamiken an den unterschiedlichen Kampagnen-Orten unterschieden und nicht zuletzt, wie die Mitforschenden das App-basierte Lichter-Zählen unter pandemischen Umständen erlebt haben. Mit unserer Rückschau und Reflexion machen wir unsere bürgerwissenschaftliche Zusammenarbeit transparent, möchten aber auch unserer gegenseitigen Wertschätzung Ausdruck verleihen. Im Idealfall kann dieser Bericht Interesse am Mitforschen wecken, Themen adressieren und kritische Fragen aufwerfen, um künftigen Bürgerwissenschaftsprojekten und wissenschaftlicher Forschung *über* Bürgerwissenschaft als Inspiration und Anreiz zu dienen. Zur Einstimmung möchten wir eine spontane Rückmeldung aus einer virtuellen Teamsitzung im Mai 2023 teilen, die den positiven Teamgeist des *Nachtlichter* Projekts illustriert:

„Für mich als Bürgerwissenschaftlerin war der Dank und Mehrwert des Projekts, dass ich viel gelernt habe. Man konnte sich in neue Fragen einarbeiten, immer nachfragen, wir haben uns gegenseitig respektiert und gemeinsam Erfahrungen im Projekt gesammelt – auch mit Bezug auf die Technik im Zusammenhang mit der App und wissenschaftlicher Herangehensweisen. Meine Motivation war, dass man sehr viel lernt und das war für mich der Dank. Mir hat’s unheimlich Spaß gemacht.“
Mitforschende (72) aus Herzogenaurach

Eine Mitautorin dieses Berichts möchte die positive Atmosphäre im *Nachtlichter*-Team betonen, die für sie eng mit Kommunikation auf Augenhöhe verknüpft ist:

„Ich fand es toll, dass ich ohne Hemmungen meine Meinung sagen konnte, ohne dass jemand gesagt hat ‚ich bin der Chef, ich bestimme!‘. Diese Wohlfühlatmosphäre ist [...] ein wichtiger Faktor, ob ich bei einer Sache dabeibleibe. Hierarchie ist da natürlich nur ein Aspekt. *Nachtlichter* ist insgesamt ‚Heimat‘.“ *Mitforschende und Koautorin (42), Augsburg*

2. Das *Nachtlichter*-Projekt – zu nachhaltiger Beleuchtung beitragen

Die Erde wird nachts immer heller. Das zeigen Satellitenaufnahmen seit Ende des 20. Jahrhunderts. Die „Kolonialisierung der Nacht“ (Melbin 1978; Henckel 2013) durch künstliche Beleuchtung birgt nicht nur Vorteile wie Orientierung im Dunkeln oder ansprechende nächtliche Atmosphären. Künstliches Licht bei Nacht hat auch erhebliche Schattenseiten, die immer deutlicher zutage treten. So dokumentieren eine wachsende Zahl wissenschaftlicher Studien vielfältige unerwünschte Nebenwirkungen (Held, Hölker, und Jessel 2013; Barentine 2023). Licht stört den lebenswichtigen Tag-Nacht-Rhythmus von Lebewesen, inklusive des menschlichen Schlafs und das Fress- und Paarungsverhalten nacht- und auch tagaktiver Tiere. Während sich Menschen in beleuchteten Umgebungen sicherer fühlen (Schulte-Römer 2022), können beleuchtete Straßen auf Tiere wie eine Lichtbarriere wirken und somit nächtliche Lebensräume und Ökosysteme stören (Schroer und Hölker 2018). Im Umweltschutz Aktive und Forschende sprechen daher von Lichtverschmutzung.

2.1. Nachhaltige Beleuchtung – Handlungsbedarf bei lückenhafter Datenlage

Trotz des wachsenden Bewusstseins für Lichtverschmutzung wird nachhaltige Beleuchtung weiterhin insbesondere mit der Verwendung energieeffizienter Leuchtmittel gleichgesetzt. Dabei können die Lichtfarbe und der Abstrahlwinkel installierter Lichttechnik und die Helligkeit der Beleuchtung weitreichende ökologische Nebenfolgen haben. Eine Entwicklung hin zu nachhaltiger, das heißt nicht nur energiesparender, sondern *auch ökologischer* Lichtplanung und Beleuchtung, gestaltet sich schleppend und bergen politische Herausforderungen (Science for Environmental Policy 2023; Schröter-Schlaack, Revermann, und Schulte-Römer 2020). Während die Europäische Union und auch die deutsche Bundesregierung Deutschland die Einführung energieeffizienter Lichtemittierender Dioden (LEDs) in der Außenbeleuchtung seit Jahren im Namen des Klimaschutzes aktiv fördert (European Commission 2013), ist Lichtverschmutzung noch kein etabliertes Handlungsfeld des Biodiversitätsschutzes der Europäischen Union (European Parliament 2020). Zudem fehlen auch politische Instrumente, um Beleuchtung auf Privatgrundstücken oder an privaten Gebäuden zu regulieren. Einfacher ist es, öffentliche Beleuchtung in kommunaler Hand nachhaltiger zu gestalten. Aber ist die pragmatische Priorisierung auch effektiv im Sinne des Biodiversitätsschutzes? Anders gefragt: Ist nachhaltigere öffentliche Beleuchtung ein effektiver Ansatz, um Ökosysteme und die menschliche Gesundheit effektiv vor Lichtverschmutzung zu schützen, oder ist Werbelicht und andere private Beleuchtung möglicherweise die viel wichtigere Stellschraube?

Forscherinnen und Forscher gingen lange davon aus, dass Straßenbeleuchtung eine wichtige Rolle spielt. Ein aufwändiges Experiment von Christopher Kyba und Team (Barentine u. a. 2020) zeigte allerdings, dass in Städten mit einem hohen Maß an privater Beleuchtung der Beitrag von Straßenbeleuchtung zur gesamten Lichtemission eher gering ist. Welche Lichtquellen tragen also besonders zu Lichtemissionen in den Nachthimmel bei? Diese Fragen evidenzbasiert zu beantworten, so dass sie politische Entscheidungen stützen können, ist nicht ganz leicht. Das zentrale Problem ist die fehlende Datenbasis. Im

Außenraum leuchten sehr viele unterschiedliche Lichtquellen, die abgesehen von öffentlich betriebenen Lichtpunkten nirgends systematisch erfasst werden und sehr unterschiedlichen Beleuchtungszwecken dienen (von Wegebeleuchtung bis dekorativen Anstrahlungen und Leuchtreklamen). Satellitenbilder zeigen zwar zunehmende Lichtemissionen auch in Deutschland (Kyba u. a. 2017), allerdings haben Satellitenaufnahmen eine geringe Auflösung und geben keinen Aufschluss darüber, *welche* Lichtquellen und Beleuchtungsarten maßgeblich für künstliche Lichtemissionen sind. Satellitenbilder verraten auch nicht, ob die Art der Installation einen Unterschied macht oder ob abgeschirmte Straßenbeleuchtung unerwünschte Lichtemissionen effektiv verringert. Zudem kann das Lichter-Zählen am Boden Aufschluss darüber geben, weshalb unterschiedliche Städte und Gebiete so verschieden hell in den Nachthimmel abstrahlen.

2.2. Projektziel: Entwicklung einer mobilen Applikation zur Lichter-Erfassung

Ein zentraler Anspruch des Bürgerwissenschaftsprojekts *Nachtlichter* war und ist es, nicht nur öffentliche Beleuchtung, sondern erstmals sämtliche Lichtquellen in ausgewählten Gebieten möglichst vollständig und flächendeckend zu erfassen und zu kategorisieren. Das wissenschaftliche Ziel der Kampagnen war also die App-basierte Inventarisierung künstlicher Lichtquellen. Zu diesem Zweck entwickelten wir zunächst von November 2019 bis August 2021 eine mobile Web Applikation (Gokus u.a. 2023). In dieser **App-Entwicklungsphase** traf sich das Wissenschaftsteam des GFZ 14-tägig mit rund zehn Bürgerwissenschaftlerinnen und Bürgerwissenschaftlern, um passende und eingängige Kategorien zur Klassifizierung von Lichtquellen für die App zu finden, die Spezifikationen der App festzulegen und die mobile Anwendung immer wieder zu testen. Die Vor- und Mitarbeit des Teams floss direkt in das Endprodukt ein, die *Nachtlichter*-App, auch wenn wir schließlich ein professionelles Entwickler-Team der Firma *Natural Aptitude* mit der Umsetzung unserer Entwürfe beauftragten. Auf den App-Launch im August 2021 folgte eine zweimonatige Datenerhebungsphase (31. Aug. bis 14. Nov. 2021). In dieser **Datenerhebungsphase** erweiterte sich das *Nachtlichter* Netzwerk dezentral, da wir in mehreren Städten *Nachtlichter*-Messkampagnen initiierten, die von lokalen Organisationsteams getragen und angeleitet wurden. In regelmäßigen online Treffen, virtuellen Events zum Auftakt, zur Halbzeit und zum Abschluss der Kampagnen und anhand der App-Registrierungen sahen wir, wie das *Nachtlichter*-Netzwerk in der Datenerhebungsphase auf über zweihundert Mitforschende anwuchs.

Zum Kampagnenende am 14. Nov. 2021 hatten Mitforschende in 25 deutschen Städten und Gemeinden sowie an acht weiteren Orten weltweit insgesamt eine Viertelmillion künstliche Lichtquellen klassifiziert und gezählt (Gokus u.a. 2023), auf insgesamt 22 Quadratkilometern Fläche. Dieses Ergebnis übertraf sowohl unsere Erwartungen als auch die im Projektantrag formulierten Ziele. Das Besondere an dem so entstandenen Datensatz ist, dass er nicht nur öffentliche Beleuchtung, sondern auch private Lichter, z.B. aus Fenstern, und kommerzielle Lichtquellen wie Werbetafeln oder Parkplatzbeleuchtung für ausgewählte Messgebiete erfasst. Während der bis heute andauernden Auswertungsphase sind alle Mitforschenden eingeladen, sich an der Analyse und Interpretation der Daten zu beteiligen und unsere Projektergebnisse in Veröffentlichungen und öffentlichen Vorträgen

publik zu machen. Erwartungsgemäß hat sich die Gruppe der Mitforschenden nach dem Ende der Kampagnen reduziert. In der **Auswertungsphase** engagiert sich erneut nur ein Kernteam von besonders engagierten Mitforschenden, von denen einige bereits seit der App-Entwicklung dabei sind, regelmäßig an zweiwöchigen Datenauswertungstreffen und/oder Team-Meetings. Dabei diskutieren wir einerseits gemeinsame Veröffentlichungen und öffentliche Vorträge, andererseits planen und organisieren wir auch weitere Zähl-Kampagnen in 2022 und 2023, um die gesammelten Daten noch aussagekräftiger zu machen. So lag der Fokus einer kleineren Kampagne im Frühjahr 2022 darauf, die Lichter einzelner Transekte zu unterschiedlichen Nachtzeiten zu zählen. Mit einer Anschlussförderung durch das BMBF im Wissenschaftsjahr 2023 – Unser Universum konnten wir diesen Ansatz im Rahmen der „Zeit für die Nacht“-Kampagnen im Herbst 2023 ausweiten. Die Mehrfachzählungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten sollen in ein Modell einfließen. Das Modell soll Aussagen darüber erlauben, ob und wann einzelne Lichttypen, z.B. Schaufenster, Leuchtschilder und private Lichter, im Verlauf des Abends ausgeschaltet werden.

Der vorliegende Bericht fokussiert insbesondere auf die App-Entwicklungsphase und Datenerhebungsphase während der *Nachtlichter*-Kampagnen 2021, nach der die offizielle sozialwissenschaftliche Projektbegleitung endete (s. rote Umrandung, Abb. 1).

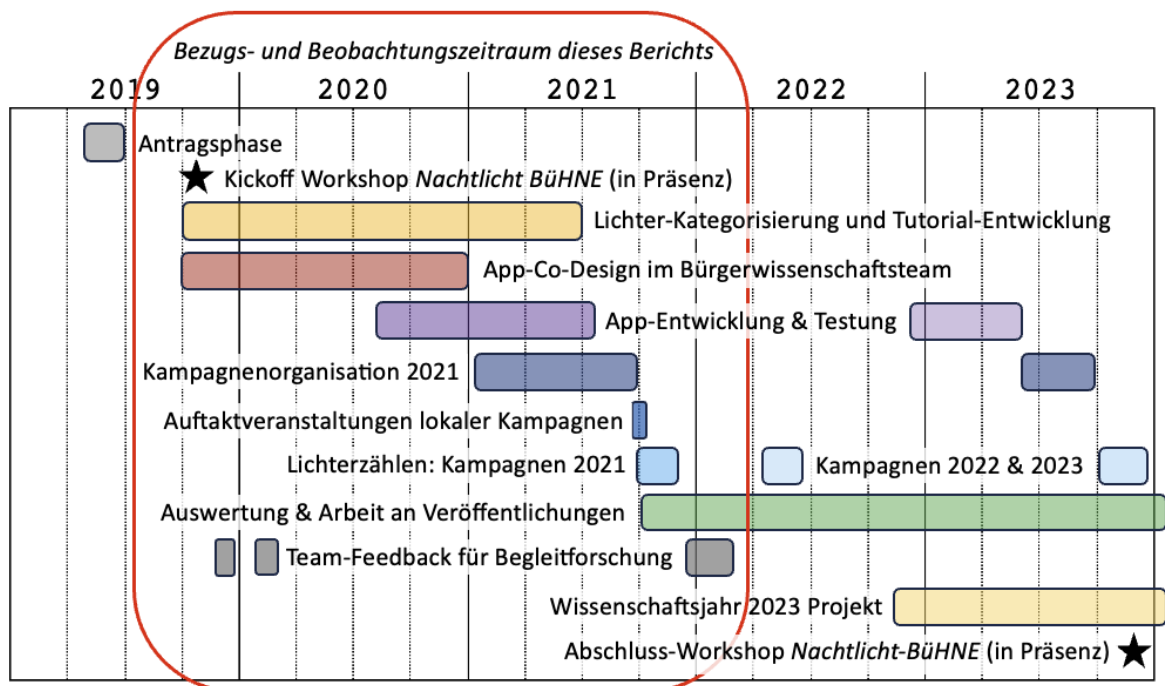


Abb. 1: Projektphasen und Beobachtungszeitraum dieses Projektberichts. (Stand Dezember 2023).

3. Rückschau und Reflexion – bürgerwissenschaftlich Lichter zählen

Die folgende Darstellung und Interpretation der Ergebnisse erfolgte, wie auch alle anderen Projektschritte, gemeinschaftlich.³ Dabei basieren unsere Angaben zur Beteiligung und Motivation der Mitforschenden (3.1.) sowie unsere Prozessreflexionen auf Beobachtungen und Umfragedaten, die zwischen 2019 und Anfang 2022 mit unterschiedlichen Methoden erhoben wurden. Erstens beteiligten sich rund hundert Mitforschende nach Abschluss der Kampagnen an einer **online Nachbefragung unter deutschsprachigen App-Registrierten** inklusive Wissenschaftsteam (verfügbar von 11. Jan. 2021 bis 08. März 2022 auf soscisurvey.de).⁴ Den Fragebogen haben 97 Personen vollständig ausgefüllt.⁵ Die Umfrageergebnisse bieten ein zusätzliches Stimmungsbild und Einblicke in die Hintergründe und Motivationen der Mitforschenden im *Nachtlichter*-Projekt (3.1.). Zweitens beziehen wir uns auf **fortlaufende teilnehmende Beobachtungen** (2019 – 2023) im Zuge der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung, die in Form von Gesprächsnotizen, Feedback aus Teamsitzungen und Sitzungsprotokollen dokumentiert sind und insbesondere in die folgende Darstellung der App-Entwicklungsphase (3.2.) einfließen. Drittens stützen wir uns auf die **qualitative Analyse Leitfadengestützter Interviews** mit neun Kampagnenorganisatorinnen und -organisatoren aus den sechs größten Kampagnen-Städten Dresden, Erlangen, Fulda, Potsdam und Würzburg sowie Bozen (Italien). Jedes Interview dauerte etwa 45 bis 60 Minuten, thematisierte gemäß einem vorab entwickelten Leitfaden die gleichen Themen und Fragen und wurde über Zoom durchgeführt, aufgezeichnet und auszugsweise transkribiert. Basierend auf ihren Projekterfahrungen und Aussagen über die Dynamiken in ihren lokalen Messkampagnen können wir insbesondere lokale Strategien und Dynamiken der dezentralen Kampagnenorganisation darstellen (3.3).

Der Fokus dieses Berichts liegt auf einer gemeinsamen Reflexion der transdisziplinären Projektarbeit und insbesondere auf den dezentral organisierten, städtischen Kampagnen – aus drei Gründen.

³ Den Fragebogen entwickelten und testeten Janina Mattern, Nona Schulte-Römer, Eva C. Weiß und Maria Zschorn. Georg Sulzer hat die Umfrage maßgeblich ausgewertet. Maria Zschorn und Janina Mattern (2023) haben erste Ergebnisse bereits im Rahmen der österreichischen Bürgerwissenschaftskonferenz in Dornbirn vorgestellt und publiziert. Nona Schulte-Römer hat die Beobachtungen ihrer qualitativen Begleitforschung dem Team vorgestellt und Kommentare, insbesondere von Daniel Fischer, in die Analyse einbezogen.

⁴ Deutschsprachige App-User identifizierten wir, indem wir nur App-User per E-Mail kontaktierten, die bei ihrer App-Registrierung das deutsche Tutorial-Codewort angegeben hatten. Das Codewort stellt sicher, dass App-User das App-Tutorial absolviert haben, entweder in deutscher oder englischer Sprache. Weil die Umfrage auf Deutsch verfasst ist, wollten wir englischsprachigen Mitforschenden unnötige Mail-Aufrufe ersparen. Mit dieser Methode ließen wir allerdings App-User außen vor, die das Tutorial in Englisch absolviert hatten, obwohl sie deutsch sprechen. Dazu gehören auch App-User aus dem Wissenschaftsteam. Wir haben daher zusätzlich über die Projekt-Mailingliste informiert.

⁵ Die Einladung zur Umfrage verschickten wir zweimal über die Projekt-Mailingliste sowie an mutmaßlich deutschsprachige App-User, sofern sie uns bei der App-Registrierung die Kontaktaufnahme gestattet hatten. Diese Mail ging an 303 E-Mail-Adressen (Stand 25.02.2022). Mehrfach registrierte App-User wurden *nicht* ausgeschlossen. Kampagnen-Organisationsteams erinnerten ‚ihre‘ Mitforschende, an der Umfrage teilzunehmen. Die Angeschriebenen wurden außerdem eingeladen, den Umfrage-Link auch an ihre Begleitpersonen beim Lichter-Zählen weiterzuleiten, da diese nicht alle App-Accounts besitzen, aber dennoch mitgeforscht haben. Sechs Befragte gaben an, beim Lichter-Zählen ausschließlich den App-Account ihrer Begleitperson genutzt zu haben.

Erstens waren diese großangelegten Datenerhebungs-Kampagnen 2021 entscheidend für den Erfolg des Projekts, dabei aber in hohem Maße abhängig vom Engagement ehrenamtlicher Kampagnen-Organisationsteams und Mitforschenden. Dieser Bericht gibt Aufschluss über individuelle Motivationen und strukturelle Erfolgsfaktoren.

Zweitens engagierten sich die lokal Beteiligten sehr eigenständig in den parallellaufenden *Nachtlichter*-Kampagnen. Indem wir alle Erfahrungen zusammenbringen, schaffen wir auch für uns selbst eine Gesamtperspektive auf unsere Aktivitäten, auch über die konkreten Ergebnisse und erhobenen Daten hinaus.

Drittens fanden die konzertierten städtischen Zählkampagnen unter erschwerten Pandemie-Bedingungen statt. Dies schränkte die Möglichkeit gemeinsamer Treffen in Präsenz stark ein. Daher reflektieren wir in diesem Bericht auch, was uns trotz oder gerade wegen der pandemischen Umstände im *Nachtlichter*-Projekt zusammenhielt.

3.1. Engagement im *Nachtlichter*-Projekt: Motivationen und Beteiligungsmodi

Das *Nachtlichter*-Projekt war insgesamt ein eher beteiligungsintensives Bürgerwissenschaftsprojekt. Jede Projektphase (Abb. 1) bot Interessierten die Möglichkeit, neu ins Projekt einzusteigen und sich für dann aktuelle Projektaufgaben einzusetzen. Mitforschenden war dabei jederzeit freigestellt, wie stark sie sich in den verschiedenen Bereichen aktiv oder beobachtend, durchgehend oder punktuell einbrachten. In unserer Nachbefragung gaben die Beteiligten Auskunft darüber, was sie motivierte und wie sie die App-Entwicklung, das Lichter-Zählen und die Projektdynamik erlebt haben (Fragebogen in Anhang 1). An der Befragung haben auch Mitglieder des Wissenschaftsteams teilgenommen, sie fallen aber kaum ins Gewicht.

Die Umfragebeteiligung ist nicht ganz eindeutig zu bestimmen.⁶ 97 Teilnehmerinnen und Teilnehmer (im Folgenden „TN“) entspricht 40% aller registrierten App-Nutzenden (App-Usern) weltweit, die während der 2021 Zähl-Kampagnen mindestens *ein* Licht gezählt haben. Allerdings haben wir den Umfrage-Link an nur rund 60% dieser registrierten App-Profilen geschickt. Die übrigen wollten entweder nicht kontaktiert werden oder hatten das Tutorial auf Englisch absolviert (siehe Fußnote 5). Geht man von den 144 App-Usern aus, die eine Umfrage-Einladung erhalten haben und auch mindestens ein Licht gezählt haben, können wir von einer **Umfrage-Beteiligung von 67%** sprechen. Trotz der guten Beteiligung bezeichnen wir die Umfrage nicht als repräsentativ. Denn aufgrund der freiwilligen Teilnahme rechnen wir damit, dass nur diejenigen den Fragebogen ausgefüllt haben, die das Projekt positiv sahen und denen Umfragen nicht fremd oder unangenehm sind.

⁶ Die Uneindeutigkeit rührt daher, dass wir die tatsächliche Zahl der Mitforschenden nur anhand der App-Registrierungen und eingegangenen Beobachtungen rekonstruieren können. Wir wissen, dass über 400 App-Nutzerprofile registriert wurden, aber nur auf 242 Profilen sind tatsächlich Lichterzählungen eingegangen. Die Einladung zur Umfrage haben wir an mindestens 303 registrierte, *deutschsprachige* App-User versandt, von denen nur 144 tatsächlich Lichter gezählt haben. Die eingeladenen App-User haben wir zudem gebeten, den Umfragelink an ihre Begleitpersonen beim Lichter-Zählen weiterzuleiten, sofern diese keinen eigenen App-Zugang hatten. Tatsächlich gaben vier Umfrage-TN an, keinen eigenen App-Account angelegt zu haben. Darüber hinaus haben wir den Umfrage-Link über die Projekt-Mailingliste verschickt, wodurch mindestens zwei weitere Personen aus dem Wissenschaftsteam an der Umfrage teilgenommen haben, deren Muttersprache *nicht* deutsch ist.

Dadurch fehlen möglicherweise kritische Stimmen. Dagegen fallen Rückmeldungen von Mitforschenden, die *kein* Problem damit haben, sich in Umfragen zu äußern und dabei oftmals höhere Bildungsabschlüsse angeben, möglicherweise stärker ins Gewicht. Der Umfrage-Frauenanteil von 44% lag dagegen nur wenig unter dem Anteil von ca. 50% weiblichen App-Registrierten, die wir im Januar 2022 basierend auf weiblichen Vornamen ermittelten.

Wer hat mitgeforscht: Die Mehrheit hat studiert, jüngere Frauen, ältere Männer

Die Umfrageergebnisse zeigen eine erfreulich **diverse Alters- und Geschlechterverteilung** (Abb. 2). Unter den Umfrage-TN sind 53 männlich (m, 55%) und 43 weiblich (w, 44%). Eine Person bezeichnete sich als divers (d, 1%). Etwa ein Drittel sind unter 35 Jahre (34%), ein Fünftel zwischen 35 und 29 Jahren (20%), knapp ein Drittel zwischen 50 und 64 Jahren (32%) und die Übrigen 65 Jahre und älter (14%).

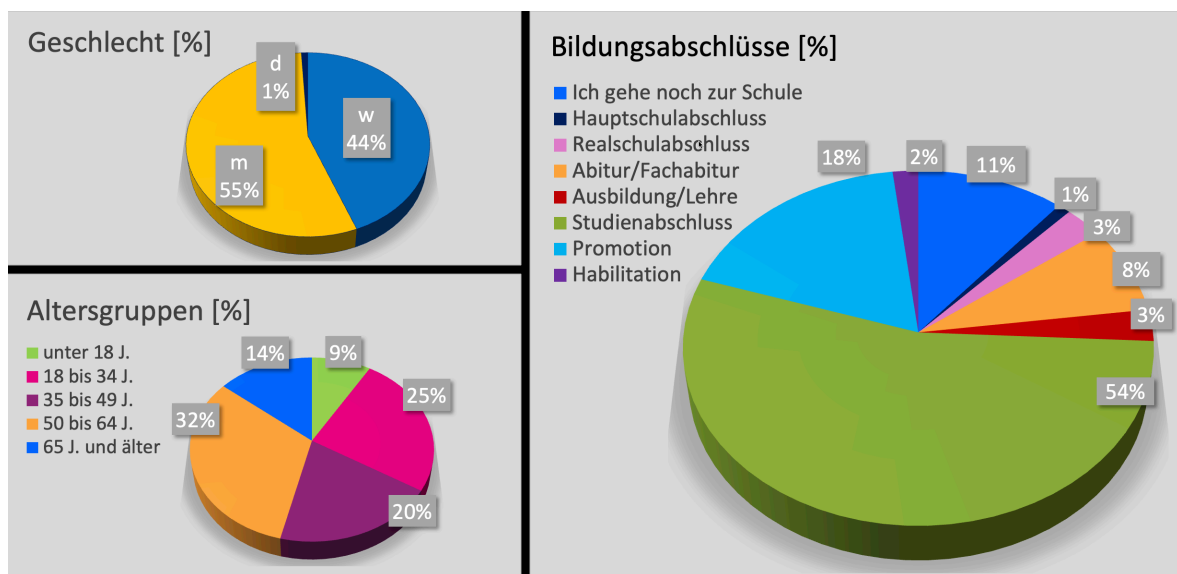


Abb. 2: Geschlechter- und Altersverteilung der Umfrage-TN sowie ihre höchsten Bildungsabschlüsse.

Mit Blick auf die Geschlechterverhältnisse im Projekt ist interessant, dass sich die Verteilung über die Altersgruppen verschiebt (Abb. 3). **Fast die Hälfte der weiblichen TN sind unter 35 Jahre alt (49%)**, wohingegen die **Mehrheit der männlichen TN über 50 Jahre alt** sind (55%). Betrachtet man jede Altersgruppe für sich, liegt der Frauenanteil bei den Jüngeren (unter 18 bzw. unter 34 Jahre) deutlich über 50%. Bei den mittleren Altersgruppen liegt der Frauenanteil dagegen nur noch bei etwas über einem Drittel. In der Altersgruppe der über 65-Jährigen ist der Frauenanteil wieder etwas höher. Allerdings ist diese Gruppe mit nur 14 Umfrage-TN relativ klein, so dass wir nicht von einem Trend sprechen würden. Ein möglicher Grund für die schwächere weibliche Beteiligung in den mittleren Altersgruppen könnte sein, dass sich diese Frauen neben Beruf und Familie weniger Zeit für ein zeitintensives Hobby wie Bürgerwissenschaft nehmen wollen oder können. Diese Hypothese bleibt zu überprüfen.

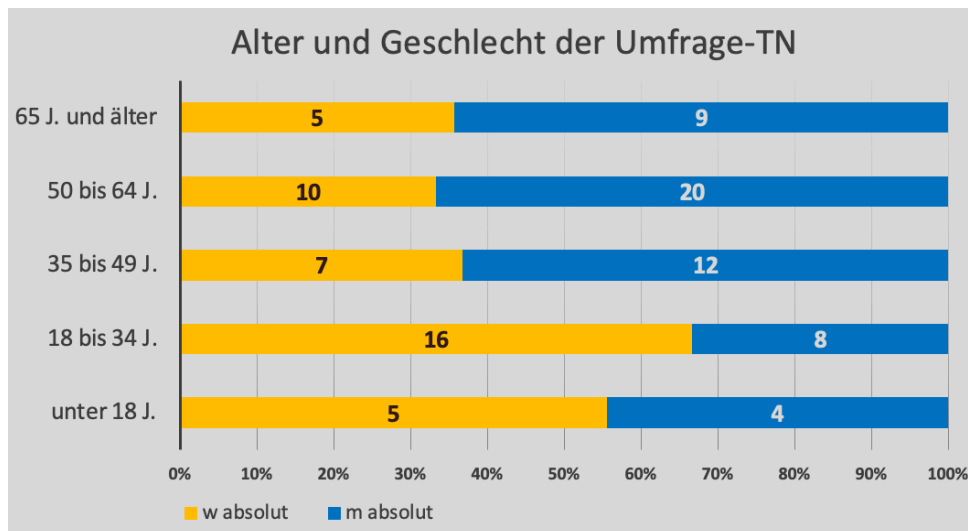


Abb. 3: Altersverteilung der weiblichen (w) und männlichen (m) Umfrage-TN in absoluten Zahlen (Balkenbeschriftung) und prozentuale Übersicht pro Altersgruppe.

Mit Blick auf ihre Bildungshintergründe zeigt die Umfrage ein eher homogenes Bild. Wie so oft in Bürgerwissenschaftsprojekten, waren auch die Umfrage-TN tendenziell höher gebildet und bereits wissenschaftsnah, bevor sie zum Projekt kamen. Verglichen mit der Gesamtbevölkerung in Deutschland ist somit der **Anteil an akademisch gebildeten Mitforschenden überdurchschnittlich** hoch.⁷ Drei Viertel verfügen über einen höheren Bildungsabschluss: 54% haben studiert und 20% promoviert oder habilitiert. Dieser Anteil liegt in der Gesamtbevölkerung in Deutschland bei 20% (Blaeschke und Freitag 2021, 118). Nur 26% der TN haben (noch) keinen Universitäts- oder Fachhochschulabschluss, wobei 11% dieser TN noch zur Schule gehen und 8% bereits Abitur oder Fachabitur haben. Sieben Umfrage-TN haben kein Abitur, sondern eine Lehre oder Ausbildung absolviert bzw. einen Haupt- oder Realschulabschluss.

Wir bemerken selbstkritisch, dass wir **das Projekt nicht allen Bildungsschichten gleichermaßen zugänglich** gemacht haben. Denn der übergroße Anteil studierter TN lässt sich sicherlich nicht dadurch erklären, dass bildungsferne Projektbeteiligte seltener an der Umfrage teilgenommen haben. Vielmehr sehen wir einen Zusammenhang zwischen der Zusammensetzung der Gruppe und der Mobilisierung der Beteiligten. Wie wir im nächsten Abschnitt ausführen, gaben drei Viertel der Umfrage-TN an, über Austausch und Mund-zu-Mund Propaganda in Vereinen oder sozialen Netzwerken (Freunde, Bekannte, Familie) oder vermittelt durch institutionelle Kontexte wie Schule und berufliches Umfeld zum Projekt gekommen zu sein. Hier liegt ein großes Potenzial für mehr Diversität. Eine frühe und **gezielte Einbindung von Institutionen, Multiplikatorinnen und Multiplikatoren mit Zugang zu nicht-akademischen Kreisen** könnten den Zugang nicht-studierter Gruppen zu Bürgerwissenschaftsprojekten erleichtern.

⁷ Im Jahr 2018 verfügten laut des 2021 Datenreports des Statistischen Bundesamts 20% der Bevölkerung in Deutschland ab 25 Jahren über akademische Abschlüsse. Rund 52% hatten als höchsten beruflichen Bildungsabschluss einen Ausbildungsabschluss. 9,8% verfügten über „einen Meister / Techniker oder Fachschulabschluss beziehungsweise einen Fachschulabschluss der ehemaligen DDR. Gut 17% waren ohne beruflichen Abschluss und befanden sich auch nicht in Ausbildung. Weitere 1,0% der Bevölkerung ab 25 Jahren befanden sich noch in schulischer oder beruflicher Bildung.“ (Blaeschke und Freitag 2021, S.118)

Im *Nachtlichter*-Projekt hatte die starke Beteiligung akademisch gebildeter Mitforschender den interessanten Effekt, dass die **Grenzen zwischen wissenschaftlich Angestellten und ehrenamtlich Mitforschenden verwischten**. Dies bestätigt auch eine Mitforschende, die sich erinnert: „Ich bin etwas später zur App-Entwicklung dazu gekommen und konnte unmöglich sagen, wer ‚Bürger‘ ist und wer Wissenschaftler. Das fand ich so toll.“ Die Grenze zwischen bezahlter Mitarbeit und ehrenamtlicher Beteiligung ist auch deshalb weich, weil sich die im Projekt beschäftigten wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auch nach Jobwechseln oder nach ihrem Vertragsende weiterhin bürgerwissenschaftlich im Projekt engagierten. Die Grenzen zwischen beruflicher und Freizeitbeschäftigung verwischten auch zeitlich, da virtuelle Treffen begannen meist erst um 19 Uhr, um berufstätigen, ehrenamtlichen Mitforschenden die Teilnahme zu ermöglichen. Somit passierte die bürgerwissenschaftliche Zusammenarbeit tendenziell in der Freizeit aller Beteiligten inklusive der wissenschaftlich Mitarbeitenden.

Wie kamen die Mitforschenden zum Projekt: Soziales Umfeld reißt mit

Das Wissenschaftsteam, das GFZ als Institution und später die lokalen Organisationsteams der lokalen *Nachtlichter*-Kampagnen betrieben Öffentlichkeitsarbeit auf verschiedenen Kanälen. Im Vorfeld der App-Entwicklungsphase lud das Wissenschaftsteam potenziell Interessierte über bestehende Netzwerke zum Mitmachen ein. Da für die App-Entwicklung ein kleines Team ausreichte, erfolgte diese Information und Einbindung recht pragmatisch. Die Datenerhebungsphase erforderte dagegen eine aufwändigere Mobilisierung. Anlässlich der Fertigstellung der App, die mit dem Kampagnen-Auftakt zusammenfiel, verschickten wir Pressemitteilungen, um potenziell Interessierte zum Lichter-Zählen einzuladen. Lokale Vereine und Umweltgruppen kontaktierten wir per E-Mail oder telefonisch. Darüber hinaus erstellten wir Infolyer über das Projekt (Anhang 2). Die meisten Flyer verteilten wir persönlich, da öffentliche Veranstaltungen, Bibliotheken und andere öffentliche Orte in der Corona-Zeit schlecht besucht waren. So schien das Auslegen von Flyern wenig zielführend. Das Wissenschaftsteam, insbesondere Christopher Kyba, nutzte Twitter und beantwortete Presseanfragen, um das Projekt bekannt zu machen. Tatsächlich war das Medieninteresse am Projekt direkt nach Pressemitteilungen recht groß und einige deutsche Lokalzeitungen, eine überregionale Zeitung, Radio- und Fernsehsender berichteten über das Projekt (Anhang 3).

Die unterschiedlichen Kommunikationskanäle erreichten Mitforschende unterschiedlich gut (Abb. 4). Ein Fünftel der Umfrage-TN (21%) hörten vom *Nachtlichter*-Projekt durch ihr privates Umfeld (Freunde, Bekannte, Familie). Ein weiteres knappes Fünftel (18%) erreichten wir durch Medienbeiträge. Weitere 18% der TN wurden durch ihre Astronomie- oder Naturschutznetzwerke auf das Projekt aufmerksam. Fast zwei Drittel der Umfrage TN erfuhren über „andere Kanäle“ vom Projekt, was uns überraschte. Über die offene Antwortoption in der Umfrage wissen wir, dass damit im Wesentlichen institutionell vermittelte Kontakte und Projekte im Zusammenhang mit Schule, Studium und Beruf gemeint sind. Wir können festhalten: **Etwa drei Viertel der Mitforschenden kamen über bestehende Beziehungen und Netzwerke zum Projekt und etwa ein Fünftel über Medienbeiträge.**

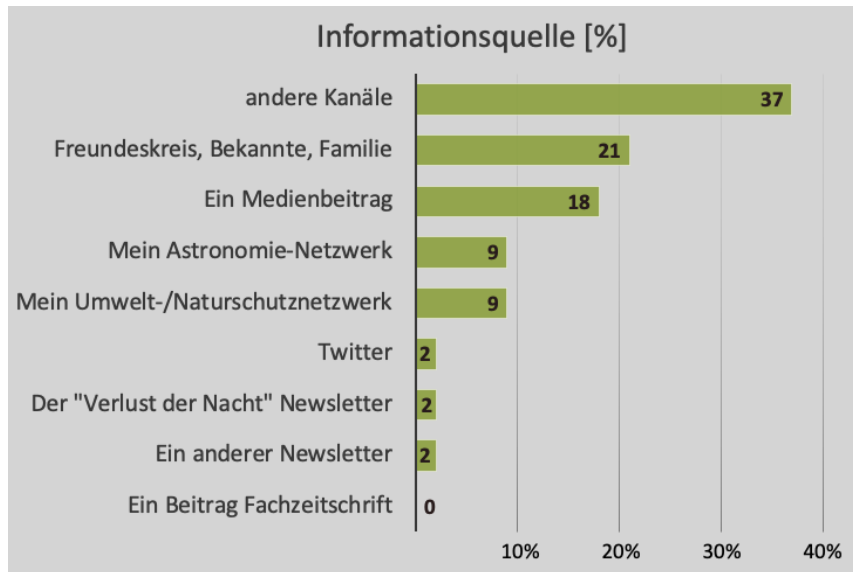


Abb. 4: Wir fragten: „Wie bist du auf das Projekt aufmerksam geworden?“ (Eine Antwortoption)

Warum wurde mitgeforscht: Naturschutz, Faszination ‚Sternenhimmel‘, Neugier

Die Mehrheit der Mitforschenden im *Nachtlichter*-Projekt war **vielfach motiviert, sich bürgerwissenschaftlich zu engagieren**. Auf die Frage, warum sie sich für die Teilnahme am *Nachtlichter*-Projekt entschlossen hatten, wählten die meisten Umfrage-TN gleich mehrere der vorgegebenen Antwortmöglichkeiten aus. Rund zwei Drittel der TN nannten drei oder mehr Beteiligungsgründe (Abb. 5 links). **Naturschutz war die dominante Motivation**. So stimmten drei Viertel der Umfrage-TN der Aussage zu „ich möchte die Natur schützen“ (Abb. 5, rechts). Rund die Hälfte der TN hatten „Lust auf Bürgerwissenschaft“ und/oder „waren einfach neugierig“. Die Faszination des Sternenhimmels, dessen Sichtbarkeit durch Lichtemissionen stark beeinträchtigt ist (Kyba u. a. 2023), war der dritt wichtigste Grund. Neun TN gaben sonstige Gründe an und spezifizierten, dass sie sich für das Projekt interessierten, weil sie sich beispielsweise über Lichtverschmutzung ärgern oder bereits bei Gruppen wie „Paten der Nacht“ engagierten.

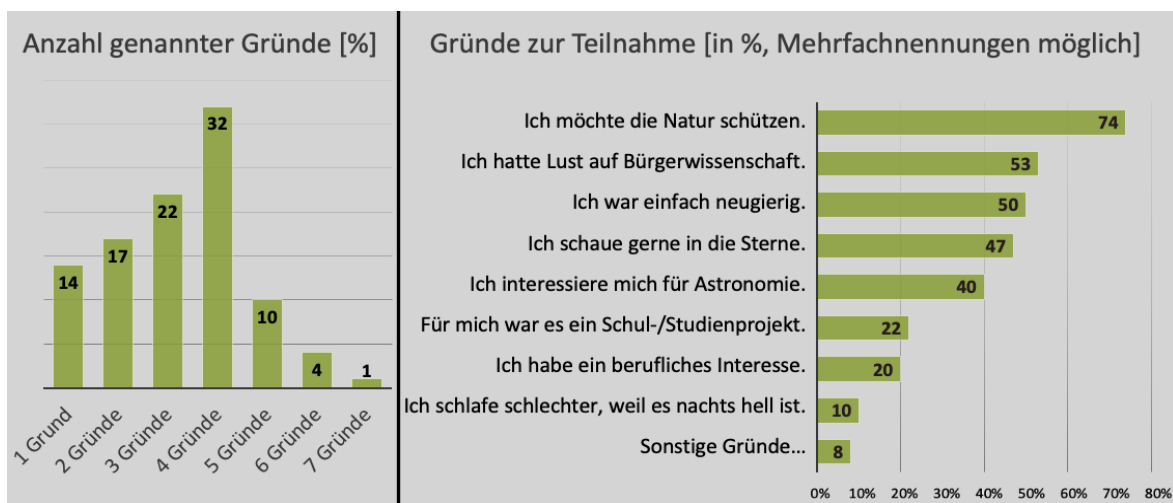


Abb. 5: Wir fragten: „Warum hast du dich entschlossen, an diesem Projekt teilzunehmen?“

Beim Vergleich der Rangfolge der Beweggründe unter männlichen und weiblichen TN sehen wir Unterschiede im Antwortverhalten, die möglicherweise auch mit der unterschiedlichen Altersstruktur der TN zusammenhängen (vgl. Abb. 3). **Männliche TN nennen deutlich öfter Astronomie und Sternenbeobachtung als Beweggrund** (Abb. 6, rot markiert). Der Blick in die Sterne hat demnach drei Viertel der Männer (72%), aber nur rund ein Drittel (35%) der Frauen zum Mitmachen inspiriert. Die prozentuale Zustimmung in den beiden Gruppen zeigt außerdem: **Weibliche Befragte nannten insgesamt weniger Beteiligungsgründe als ausschlaggebend**. Die Rangfolgen der angegebenen Gründe (Abb. 6) sind jedoch insgesamt geschlechterübergreifend recht ähnlich. Naturschutz steht sowohl bei Frauen (74%) als auch bei Männern (93%) deutlich an erster Stelle.

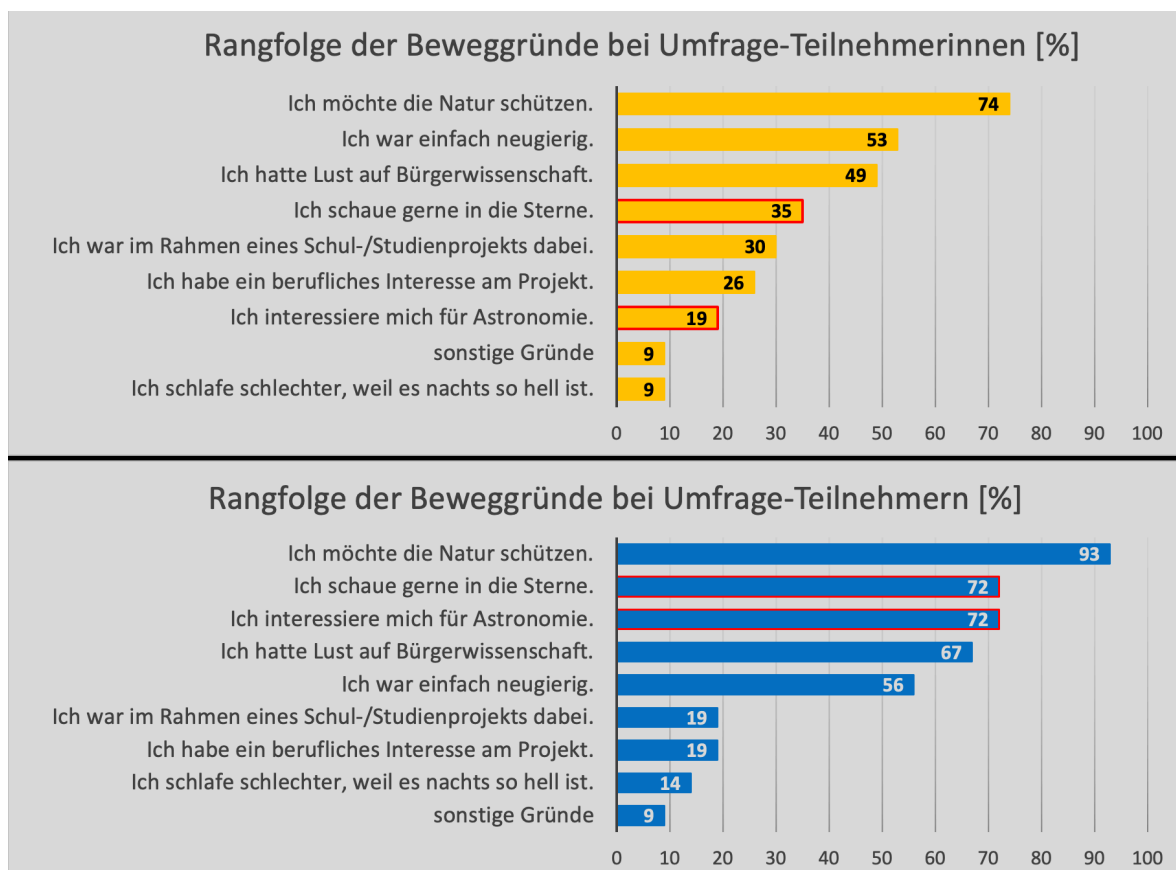


Abb. 6: Ranglisten der Beteiligungsgründe unter weiblichen (w) und männlichen (m) Umfrage-TN.

Wie intensiv wurde mitgeforscht: Ein kleines Kernteam und ein großes Netzwerk

Die bürgerwissenschaftlichen Beteiligungsmöglichkeiten waren mit Blick auf den **Zeitaufwand und die Dauer der Beteiligung sehr unterschiedlich**. Während die Mehrheit der TN erst während der *Nachtlichter*-Kampagnen zum Projekt stieß, engagierte sich ein kleiner, harter Kern schon seit der App-Entwicklung im Projekt (Abb. 7). Während sich diese Gruppe inzwischen ganz gut kennt, weiter vernetzt und teilweise auch persönlich trifft, war die Mehrheit der über zweihundert Mitforschenden eher lose am Projekt beteiligt. Viele hatten keinen oder nur online Kontakt mit dem Wissenschaftsteam – aufgrund der Pandemie, der räumlichen Trennung und dezentralen Organisation der *Nachtlichter*-Kampagnen 2021.

Aus dem ‚Kernteam‘ der App-Mitentwicklerinnen und -entwickler haben sechs Personen an der Umfrage teilgenommen (einschließlich der Mitglieder des Wissenschaftsteams). Ebenso wie die Gruppe der Umfrage-TN insgesamt, ist diese Kerngruppe mit Blick auf Alter, Bildungshintergrund und Geschlecht gemischt. An der Organisation lokaler *Nachtlichter*-Kampagnen waren laut eigenen Angaben 17% der Umfrage-TN beteiligt. 11% haben eine individuelle Kampagne gestartet, also selbst Transekte angelegt und mit Bekannten und Familie oder alleine Lichter gezählt. Sieben Personen (7%) waren oder sind an der Datenauswertung beteiligt. 98% der Mitforschenden haben auch Lichter gezählt, darunter auch alle TN, die Kampagnen organisiert oder die App mitentwickelt haben.

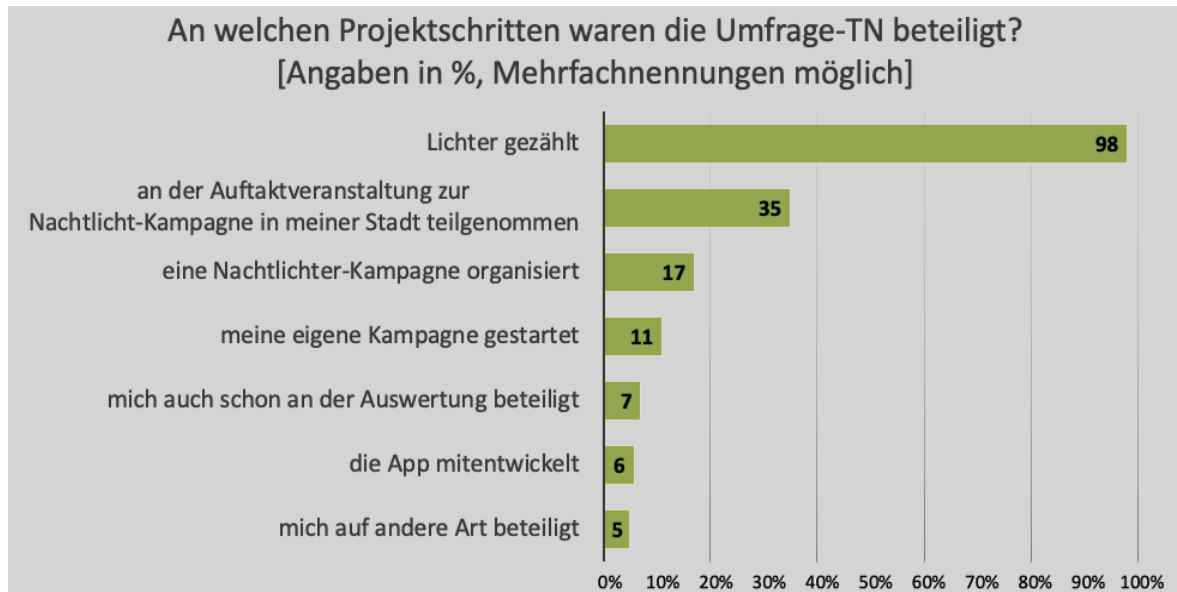


Abb. 7: Projektschritte, an denen sich die TN nach eigenen Angaben beteiligten.

Intrinsisch motivierte Mitforschende erhoben besonders viele Daten. Die Auswertung der Angaben zum Zeitaufwand beim Lichter-Zählen im Verhältnis zu Mobilisierungspfaden (siehe Abb. 4 oben und Abb. 18 unten) zeigt: **Projektbeteiligte, die sich durch ihr soziales oder berufliches Umfeld mitreißen ließen, zählten tendenziell weniger Lichter als die Mitforschenden, die durch Medienbeiträge und Newsletter auf das Projekt aufmerksam wurden** und auf eigene Initiative zum Projekt kamen (Abb. 8). Rund 90% dieser intrinsisch motivierten Mitforschenden zählten während der Kampagnen durchschnittlich einen Abend oder öfter pro Woche („sehr oft“) oder zumindest mehrfach, wenn auch weniger als einen Abend pro Woche („oft“) Lichter. Weit mehr Mitforschende kamen über ihr privates Umfeld zum Projekt, beispielsweise Naturschutz- oder Astronomie-Netzwerke, Freundes-, Familien- und Bekanntenkreise oder „andere Kanäle“. Im Vergleich zu den ‚intrinsisch Motivierten‘, waren in dieser Gruppe der ‚sozial Motivierten‘ nur etwa halb so viele „sehr oft“, also einmal oder mehrfach pro Kampagnenwoche mit der App unterwegs.

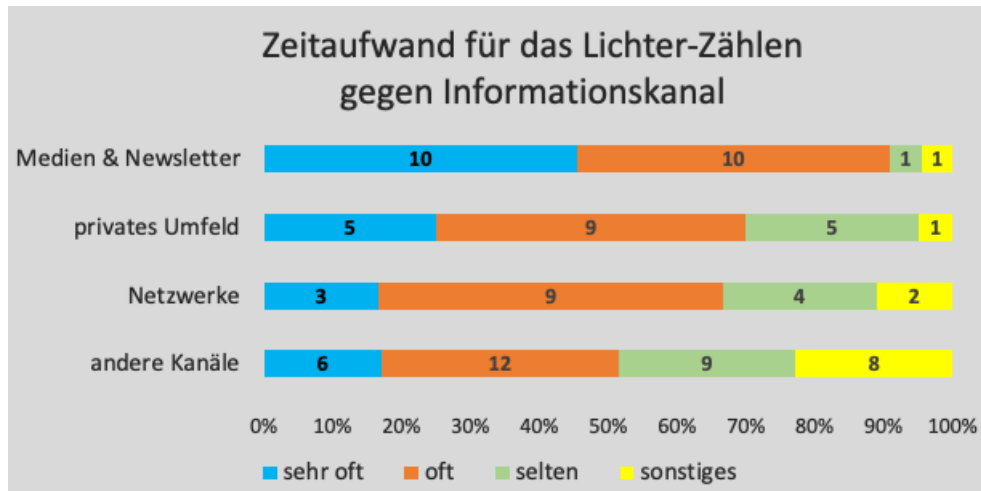


Abb. 8: TN-Angaben zum Zeitaufwand (in absoluten Zahlen) im Verhältnis zu den Informationskanälen, welche die TN zum Bürgerwissenschaftsprojekt kamen (vgl. Abb. 4 in vier Gruppen zusammengefasst).

Einschränkend bleibt zu sagen: Unsere Beobachtungen während der Kampagnen deuten darauf hin, dass der beschriebene **Zusammenhang von Mobilisierungspfad und Beteiligungsgrad nicht verallgemeinerbar und komplex** ist. Während die Medienberichterstattung mancherorts die Beteiligung offenbar förderte (Potsdam und Erlangen), waren in anderen Orten direkte Ansprachen entscheidender oder institutionelle Wege wie die Einbindung von Studienkursen (Dresden), Schulgruppen (Bochum) oder Behörden (Köln) ausschlaggebend. Was projektübergreifend gilt, ist: **Thematisch nahe Vereine und Netzwerke spielten bei der Mobilisierung von Mitforschenden eine wesentliche Multiplikationsrollen**. Newsletter und soziale Medien hatten in unserem Projekt eine überraschend geringe Mobilisierungskraft (vgl. Abb. 4). Twitter war dennoch ein wichtiger Kanal, um das Interesse von Presse und Rundfunk zu wecken, was wohlgerneht der großen Twitter-Präsenz und Reichweite von @skyglowberlin alias Christopher Kyba zu verdanken ist.

3.2. Projektphasen und Beteiligung Herbst 2019 bis Frühjahr 2022

Das App-Entwicklungsteam traf sich schon seit Herbst 2019 im Zweiwochentakt. Anfang 2021 begannen wir mit den Vorbereitungen der lokalen Zählkampagnen und ab Frühsommer 2021 formierten sich in unterschiedlichen Städten Kampagnen-Organisationsteams, die unterschiedlich große und unterschiedlich eng vernetzte lokale Gruppen an Mitforschenden mobilisierten. Nach den Kampagnen im Herbst 2021 beendete die Mehrheit der Lichter-Zählenden zumindest vorübergehend ihre Projektmitarbeit, aber nicht alle. Eine kleine Gruppe beteiligt sich bis heute mit großem Engagement an der Auswertung, Veröffentlichung und Verbreitung der Projektergebnisse. Im Folgenden werfen wir einen genaueren Blick auf die unterschiedlichen Projektphasen.

Kick-off Workshop und Gruppenbildung

Das *Nachtlicht-BÜHNE* Projekt startete mit einem Auftakt-Workshop in Präsenz am 19. Oktober 2019 in Jena, an dem 29 Personen teilnahmen – sieben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eingeschlossen. Die Einladung zum Workshop kommunizierte das

Wissenschaftsteam über bestehende Kontakte zu potenziell Interessierten sowie über projektrelevante Netzwerke und Kommunikationskanäle.⁸ Die 22 Projektinteressierten sahen sich beim Workshop zum ersten Mal, mit Ausnahme zweier Jugendlicher.

Der Workshop bot eine Einführung in beide Teilprojekte des *Nachtlicht-BÜHNE* Projekts (siehe Einleitung). Eingeladen waren interessierte Menschen aller Altersklassen, die sich für ‚Nachtlichtphänomene‘ wie Meteore und nächtliche Lichtemissionen interessierten. Viele Anwesende entschieden sich erst im Rahmen des Workshops, welchem Teilprojekt sie sich anschließen wollten und ob sie lieber die *Feuerkugel*-App zur Erfassung von Meteoriten oder die *Nachtlichter*-App mitentwickeln wollten. Im Rahmen des Workshops stellten die Wissenschaftsteams der beiden Teilprojekte die Projektziele und Umsetzungspläne vor. Die interessierten Teilnehmerinnen und Teilnehmer hatten in zwei Arbeitsgruppen Gelegenheit, ihre persönlichen Ziele und Wünsche einzubringen. Nach dem Workshop entschieden sich fast alle Beteiligten für eines der beiden App-Entwicklungsprojekte.⁹ Da die Beteiligten über ganz Deutschland verteilt lebten, trafen sich die App-Entwicklungsteams virtuell in Videokonferenzen. Ab März 2020 wurden virtuelle Treffen aufgrund der Corona-Pandemie zur zeitweise einzigen Austauschmöglichkeit. Dies betraf die ohnehin virtuell geplanten Treffen zur App-Entwicklung kaum, beeinträchtigte aber die zum Auftakt und während der Kampagnen geplanten Präsenztreffen (siehe unten).

Der **Auftakt-Workshop weckte Interesse** an den Bürgerwissenschaftsprojekten, auch wenn den Teilnehmenden die **Details des geplanten Prozesses nicht ganz klar** waren. Das zeigte das mündliche Feedback während des Workshops und eine kurze Nachbefragung im Rahmen der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung. Hier gaben sechs der Workshop-Beteiligten überwiegend positive Rückmeldungen: drei erklärten, der Workshop habe ihren „Erwartungen entsprochen“, zwei sahen ihre „Erwartungen übertroffen“ und eine Person enthielt sich der Stimme. Alle gaben an, sich an den kommenden Projektschritten beteiligen zu wollen. Auch die Gruppenarbeit, in der wir bereits voll in die App-Entwicklung einstiegen, Zielgruppen und Funktionalitäten diskutierten, kam insgesamt gut an (Abb. 9).

Kritisches Feedback betraf die offenbar zu knapp geratene Darstellung und Diskussion der wissenschaftlichen Hintergründe und nächsten Schritte der *Nachtlicht-BÜHNE* Projekte. So meldeten Teilnehmende zurück, sie hätten gerne ausführlicher über den Sinn und Zweck des Lichter-Zählens und die Anforderungen an die Datenerhebung per App diskutiert. Das Gefühl, zu wenig Zeit für Austausch und Diskussion gehabt zu haben, spiegelt sich auch im Feedback nach dem Workshop wider: Die Aussage „Die Zeit war ausreichend...“ wurde als weniger zutreffend eingestuft (Abb. 9). Im Rückblick bemerkte ein Teilnehmer, der Auftakt-Workshop in Jena, „hätte eine Woche dauern können.“

⁸ Ein Aufruf erfolgte beispielsweise über den Blog [Loss of the Night](#) im September, in dem Christopher Kyba in Vorbereitung auf die App-Entwicklung zu ersten Lichter-Zählversuchen aufrief, letzter Zugriff Nov. 2023.

⁹ Nur ein Bürgerwissenschaftler mit beruflichem Interesse an Astronomie und Bürgerwissenschaft sowie die sozialwissenschaftliche Begleitforscherin besuchte online Meetings beider Teams, allerdings nicht regelmäßig.

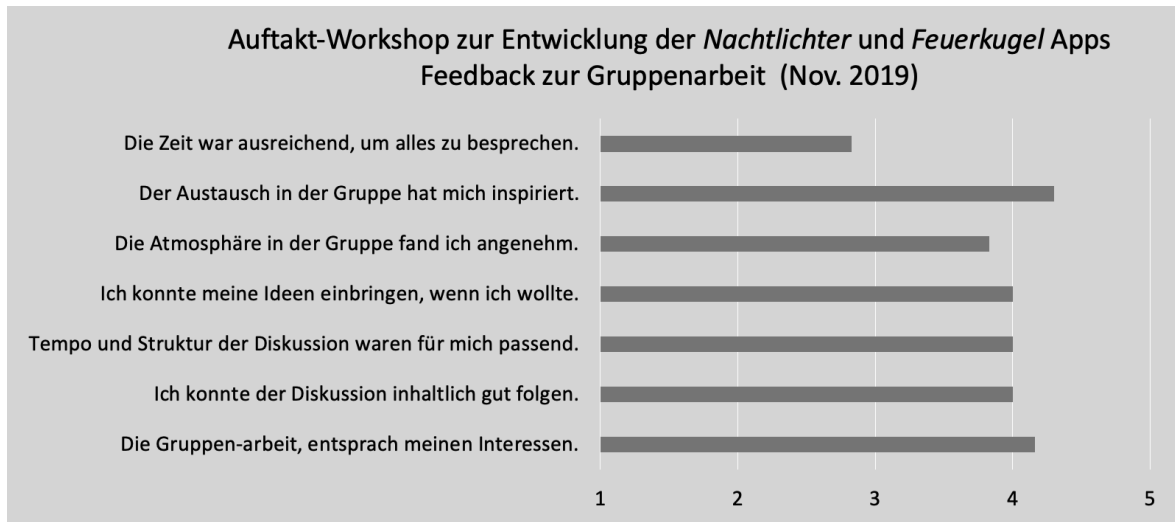


Abb. 9: Feedback zu den Gruppendiskussionen des Auftakt-Workshops 2019. (Zustimmung auf einer Skala von 1 – „trifft gar nicht zu“ bis 5 – „trifft voll und ganz zu“, n=6).

Der **Wunsch nach tieferen wissenschaftlichen Einblicken und Informationen** kam auch später im Projektverlauf zur Sprache. Das Wissenschaftsteam reagierte auf dieses Interesse einiger Mitforschenden mit einem 45-minütigen Zoom-Vortrag zu den wissenschaftlichen Hintergründen, den wir auf Youtube veröffentlichten (Kyba und Schulte-Römer 2021). Zudem klärten wir Fragen zu wissenschaftlichen Beweggründen, die bei der App-Entwicklung relevant wurden, direkt in Zoom-Meetings oder im E-Mail-Austausch. Der Wunsch nach näheren Informationen zu den wissenschaftlichen Hintergründen des Projekts unterstreicht die Beteiligungsgründe ‚wissenschaftliche Neugier‘ und ‚bürgerwissenschaftliches Interesse‘ (Abb. 5).

Die App-Entwicklung - Herbst 2019 bis Sommer 2021

Die gemeinsame Entwicklung unseres Datenerhebungsinstruments, der *Nachtlichter*-App, begann im November 2019.¹⁰ Ziel der mobilen Anwendung sollte es sein, die Datenerhebung zu erleichtern und die Datenqualität durch einheitliche Erhebungsmethoden zu verbessern. Im Laufe des Prozesses entwickelten wir außerdem ein Projektlogo (siehe Kopfzeile)¹¹, eine Projektwebseite und wir arbeiteten an einem *Nachtlichter*-Projektvideo, das aus Zeitmangel unvollendet blieb. Die ehrenamtlich Mitforschenden unterstützten das Wissenschaftsteam außerdem bei der Erstellung von Info- und Trainingsmaterial in Form eines online Tutorials in Vorbereitung auf die *Nachtlichter*-Kampagnen.

Mit Blick auf die technische Ausgestaltung der App entschieden wir uns pragmatisch für eine ‚Progressive Web App‘: einer Datenerhebungsapplikation (*app*) zugänglich über eine Webseite (*web*), deren Benutzungsoberfläche sich an die Bildschirmgröße und die Betriebssysteme mobiler Endgeräte wie Smartphones oder Notepads anpasst

¹⁰ Vorversuche des Wissenschaftsteams hatten zu diesem Zeitpunkt bereits stattgefunden, allerdings war daran nur ein ehrenamtlich Mitforschender und Ko-Autor beteiligt gewesen.

¹¹ Das endgültige Logo hat die Illustratorin Carolin Hüttich in enger Zusammenarbeit mit dem Team entworfen. In der Ideen- und Meinungsfindungsphase haben Team-Mitglied Normän Naboulsi und die professionellen Grafikerinnen Stefanie Partsch mit ihren Entwürfen wichtige Impulse gegeben.

darzustellen. Nur so konnten wir sicherzustellen, dass künftige App-User unser Schema beim App-gestützten Lichter-Zählen nachvollziehen und möglichst einheitlich anwenden würden. Nach zahlreichen Diskussionen, Feedbackschleifen und Tests einigten wir uns auf eine Reihe von Beleuchtungskategorien und entsprechende Symbolbilder (Icons).

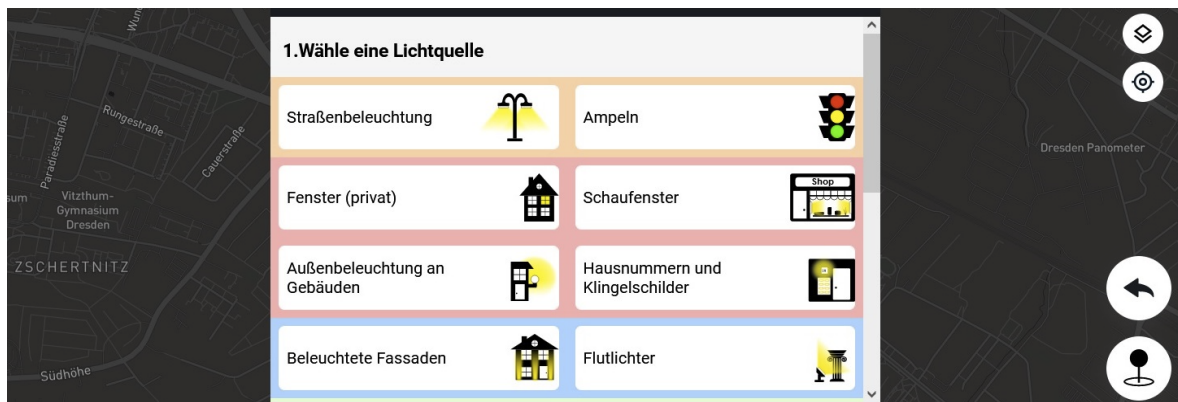


Abb. 11: App-Symbole für unterschiedliche Lichttypen, Illustration Yiğit Öner Altıntaş (2021).

Die Klassifizierung von Lichtfarben und Größenbestimmungen diskutierten wir besonders ausführlich. Oft gab es keine Lösung, die alle gänzlich glücklich machte, was den Beteiligten die **Schwierigkeit und Grenzen wissenschaftlicher Forschungsprozesse** unmittelbar erfahrbar machte. Auch wenn Komplexität und Präzision für wissenschaftliches Arbeiten eine große Rolle spielen, sind pragmatische Entscheidungen und Kompromisse auch hier manchmal unerlässlich. So entschieden wir uns beispielsweise bei der Abfrage von Lichtfarben für ‚weiß‘, ‚gelb‘ und ‚sonstige‘ Farben, wohlwissend, dass diese Klassifikation unterkomplex und dennoch nicht eindeutig ist. Denn Expertinnen und Experten unterscheiden klar zwischen Lichtquellen mit kaltweißer und warmweißer Farbtemperatur und guter Farbwiedergabe sowie Lichtquellen, die gelbes Licht in wenigen ausgewählten Spektralbereichen emittieren (Abb. 12). Diese Unterschiede haben ästhetische und energetische Implikationen und wären daher interessant für unsere Daten gewesen. Allerdings sind diese lichttechnischen Unterscheidungen für Laien ohne direkte Vergleichsmöglichkeiten oder Anleitung kaum nachvollziehbar. Sogar weißes Licht kann sehr gelb aussehen, wenn es auf sandsteinfarbene oder gelbe Fassaden fällt (Abb. 12).

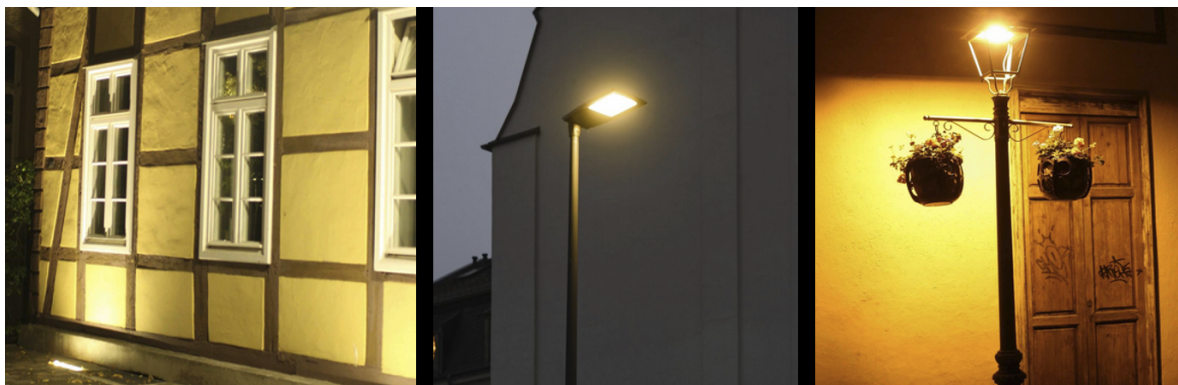


Abb. 12: Lichtexpertinnen und -experten sprechen im Falle der linken und mittleren Beleuchtung von warmweißem Licht. Die Natrium-Hochdrucklampe rechts scheint dagegen gelb. Foto: Nachtlichter-Team.

Ähnlich herausfordernd war es, leicht zu schätzende Größenangaben für angestrahlte Flächen oder Leuchttafeln und -schilder zu finden. Die Einschätzung von Flächenmaßen aus großer Ferne mit bloßem Auge ohne Hilfsmittel ist schwierig. Zudem sind Menschen unterschiedlich gut darin, solche Schätzungen abzugeben – mit negativen Auswirkungen auf die Qualität der *Nachtlichter*-Daten. Wir einigten uns daher auf anschauliche ‚menschliche Maße‘ als Näherungswerte, um die Größe von Fensterflächen und Leuchtschildern möglichst einheitlich mit der App erfassen zu lassen (Abb. 13).



Abb. 13: Mit der App zählen wir ein privates Fenster, wenn die erhellte Fläche etwa der Größe einer erwachsenen Person mit ausgestreckten Armen entspricht (Illustration aus dem Online-Tutorial zur App).

Das Kernteam blieb über den gesamten, zweijährigen App-Entwicklungsprozess engagiert und traf sich regelmäßig. Zusätzlich testeten wir Kategorisierungsvorschläge oder App-Varianten in der praktischen Anwendung auf der Straße oder diskutierten wichtige Entscheidungen via Mailingliste. Nur zwei aktive Mitentwickler schieden aufgrund von Zeitmangel aus.

Die hohe **Zufriedenheit mit dem gemeinsamen App-Entwicklungsprozess** spiegelt sich auch im Feedback der Abschlussumfrage wider (Abb. 14). Von den sechs TN, die an der App-Entwicklung mitgewirkt haben, stimmen alle „voll zu“ (5 von 5 Punkten auf einer Skala von 1-5), dass sie sich aktiv in den Co-Design Prozess einbringen konnten. Besonders große Zustimmung (4 oder 5 Punkte) erhielten auch sonstige positive Prozessbeschreibungen wie „ich konnte mich aktiv einbringen“, „ich habe viel dazugelernt“, die Team-Kommunikation „hat super geklappt“, der Prozess „hat mir durchgehend Spaß gemacht“ und „ich bin mit dem Ergebnis zufrieden“. Deutlich weniger Zustimmung erhielten Antwortoptionen, die auf Probleme im Prozess hätten hindeuten können, wie „zwischenzeitlich war mir der App-Entwicklungsprozess zu langweilig“ oder „zwischenzeitlich war ich unmotiviert“.



Abb. 14: Wir fragten: „Wenn du an den gemeinsamen App-Entwicklungsprozess zurückdenkst, wie sehr stimmst du dann folgenden Aussagen zu?“ (1 – „stimme gar nicht zu“, 5 – „stimme voll zu“).

Drei Umfrage-TN aus dem App-Entwicklungsteam haben zusätzlich die offene, anonyme Texteingabe-Möglichkeit im Fragebogen genutzt. Eine App-Mitentwicklerin schreibt, sie habe im Zuge des zweijährigen Entwicklungsprozesses verstanden, „wie aufwändig so etwas ist.“ Eine weitere Person antwortet differenziert: „Langweilig war es nicht, aber manchmal [gab es] das Gefühl von Überforderung. Was aber in diversen E-Mails und Gesprächen immer unterstützend begleitet wurde.“ Der dritte Kommentar thematisiert die Corona Situation: Die online Treffen und Kommunikation via Projekt-Mailingliste seien zwar durch Corona nicht beeinträchtigt worden, aber der Lockdown habe es schwierig gemacht, abends draußen auf der Straße Fotos für das Online-Tutorial zu machen. Weiter wird bedauert, dass nach dem Auftaktworkshop 2019 **Pandemie-bedingt kein weiteres offline Teamtreffen möglich** war. Inzwischen hat es im November 2023 noch ein *Nachtlicht-BÜHNE* Abschlusstreffen in Präsenz gemeinsam mit dem *Feuerkugel*-Team gegeben, in der „Sternenstadt“ Fulda.

Professionelle Fertigstellung der App

Die Übergabe an die App-Entwicklerfirma *Natural Apptitude* erfolgte später als geplant im Herbst 2020. Dafür ermöglichte unsere Vorarbeit in Form von Datenerhebungskategorien, Icons, sowie eines Diagramms, welches den Ablauf der App-Nutzung darstellte, den professionellen App-Entwicklern einen schnellen Einstieg. Die Zusammenarbeit mit *Natural Apptitude*, die viel Erfahrung mit Bürgerwissenschaftsprojekten haben, erwies sich als reibungslos und zufriedenstellend. Die Schnittstelle zwischen dem Bürgerwissenschaftsteam und App-Entwicklern bildete das Wissenschaftsteam, weil Detailfragen meist nicht bis zum nächsten Teamtreffen im Zweiwochentakt warten konnten. Außerdem kommunizierte das GFZ-Team mit *Natural Apptitude* über einen separaten Kommunikationskanal (mit der Kommunikations-App Slack), was die Team-interne Kommunikation via Mailingliste unnötig verkompliziert hätte.

Der gebrauchsfertige Prototyp der App stand später als geplant im Juli 2021 zur Verfügung. Infolgedessen musste die finale Testung durch die Mitforschenden in den Sommerferien und unter Zeitdruck passieren. Der offizielle Start der *Nachtlichter*-App gelang gerade noch rechtzeitig zum Kampagnenstart am 31. August. Das heißt aber nicht, dass die Entwicklung der App damit abgeschlossen war. Da nur wenige von uns während der Sommerpause die Zeit gefunden hatten, die App ausgiebig zu testen, wurden einige Fehler erst nach der App-Veröffentlichung zu Beginn der Datenerhebungsphase entdeckt.

Die häufigsten Anwendungsprobleme waren unterschiedlichen Handy-Betriebssystemen geschuldet. Um häufig gestellten Fragen von App-Usern zu bereits erkannten Problemen effizient zu beantworten, stellten wir ein „Frage & Antwort“ Dokument online (ein häufig auftretendes Problem war beispielsweise die zweistufige Standortfreigabe bei iOS-Betriebssystemen). Neue oder unlösbare Probleme sammelten wir in der direkten Kommunikation und über ein Feedbackformular, um dann die eingegangenen Meldungen mit *Natural Aptitude* zu besprechen und möglichst zu lösen. Die Firma hat zudem noch einige App-Optimierungen während der laufenden Kampagnen umgesetzt.¹² Für die Datenerhebungsphase im Herbst 2023 konnten wir die App in Zusammenarbeit mit *Natural Aptitude*, basierend auf den Erfahrungen mit einer Viertelmillion gezählter Lichter, noch weiter optimieren.

Selbstkritischer Rückblick auf den App-Entwicklungsprozess

Aus Sicht des Wissenschaftsteams ist klar, dass die App ohne das bürgerwissenschaftliche Engagement, das Ausprobieren, Diskutieren und die Klärung von Missverständnissen, Anwendungsproblemen und Fragen nie so benutzungsfreundlich geworden wäre, wie sie heute ist. „Eure **Außenperspektive war für das Wissenschaftsteam unschätzbar wichtig**“, so resümierte Projektleiter Christopher Kyba gegenüber den Mitforschenden im Mai 2023 während eines virtuellen Projekttreffens.

Die Einbindung der Mitforschenden in den App-Entwicklungsprozess haben wir im Team allerdings auch kritisch diskutiert. Ein Projektteilnehmer mit professionellem Bezug zu Wissenschaftskommunikation merkte kritisch an, dass das Forschungsziel und die wesentlichen Funktionalitäten der App bereits vor Projektbeginn im Projektantrag festgelegt wurden und im bürgerwissenschaftlichen Forschungsprozess nicht mehr ergebnisoffen zur Diskussion gestellt wurden.

„Citizen Scientists [waren] bei der grundlegenden Konzeption des Projekts noch nicht ‚in the loop‘ [...] Dies hatte m.E. größere Auswirkungen auf den weiteren Verlauf des Projekts insgesamt [...] Die konkrete Arbeit der Citizen Scientists begann mit dem testweisen Lichtquellen-Erfassen, was fraglos eine spannende und lehrreiche Erfahrung war [...]. Aber es fehlte *vorher* eine gemeinsame wissenschaftliche

¹² Ein Beispiel für eine solche Optimierung ist die nachträglich implementierte Möglichkeit, ein Raster über die Landkarte in der App zu legen, das die Größe und Lage von Satelliten-Pixeln anzeigt. Das Raster gab App-Usern, die ihre Messgebiete 2021 unabhängig von unseren lokalen Messkampagnen selbst identifizieren, einen Anhaltspunkt, welche Zählgebiete aus wissenschaftlicher Sicht besonders relevant waren (Gokus u.a. 2023).

Vorbereitung, aus der sich die Aufgabenstellung und mögliche Lösungswege deutlicher ergeben hätten.“

Die Kritik betrifft ein bekanntes Dilemma bürgerwissenschaftlicher Forschung und Forschungsförderung, das eng verknüpft ist mit den etablierten Strukturen und Prozeduren projektformiger Wissenschaft und Forschung. Die Finanzierung des *Nachtlicht*-BÜHNE Projekts basierte auf einem Projektantrag, den die Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren HGF in Konkurrenz mit anderen Projekten bewertete. Obwohl der HGF Impuls- und Vernetzungsfonds große Spielräume bot, sind konkrete Projektskizzen bei den meisten Forschungsanträgen auf Projektfinanzierung weiterhin gefordert. Entsprechend waren auch im *Nachtlichter*-Projekt zentrale Parameter der geplanten App-Entwicklung bereits gesetzt, auch wenn Christopher Kyba die Projektidee zuvor mit Interessierten außerhalb der Wissenschaft abgestimmt hatte. Vor dem Hintergrund des kritischen Team-Feedbacks befürworten wir bestehende Initiativen und systemische Ansätze, die **partizipative Forschung in allen Projektphasen ermöglichen** – angefangen bei der Entwicklung einer Fragestellung (Kaiser, Möbius, und Klages 2019; Bonn u. a. 2016).

Zwei weitere Kritikpunkte betrafen die interne Kommunikation. Ein Punkt war, dass die **Projektschritte nicht ausreichend dokumentiert** wurden, beispielsweise mittels einer Zeitleiste. Dies war besonders Teammitgliedern wichtig, die nicht an jeder Sitzung teilnehmen konnten und sich nach längeren Pausen neu im Projekt orientieren und verorten wollten. Der zweite Punkt betraf **zu hohe bürgerwissenschaftliche Erwartungen an Forschungsergebnisse** aufgrund fehlender Einblicke in wissenschaftliche und methodische Herausforderungen. Einzelne Teammitglieder bedauerten, dass sie aufgrund fehlender Information zur Datenauswertung und zum Forschungsstand (vgl. Kritik oben) erst während der *Nachtlichter*-Kampagnen mit Enttäuschung erkannt hatten, welche wissenschaftlichen Probleme und Herausforderungen die erhobenen Daten aufwerfen.¹³ Im Zuge dieser Diskussion fiel die Entscheidung, die Datenerhebung im Frühjahr 2022 mit einer Sonderkampagne fortzusetzen und so den wissenschaftlichen Nutzen der 2021 erhobenen Daten zu erhöhen. Die *Nachtlichter*-Kampagnen im Rahmen des Wissenschaftsjahre 2023 setzten diese Arbeit unter dem Motto „Zeit für die Nacht“ fort.

Aus Sicht des *Nachtlichter*-Wissenschaftsteams ist die **interne Kritik ein positives Zeichen**. Sie zeigt, dass die Mitforschenden voll dabei waren, sich mit den Projektzielen identifizierten und zumindest einige, tief in wissenschaftliche Prozesse einsteigen wollten. Darüber hinaus erlaubte uns die Offenheit der Mitforschenden, Kommunikationsdefizite auszugleichen.

¹³ Konkret ging es darum, dass der bürgerwissenschaftliche Datensatz nicht direkt mit Satelliten-Fernerkundungsdaten ins Verhältnis gesetzt bzw. korreliert werden kann, weil die nächtlichen Datenerhebungszeitpunkte nicht übereinstimmen: Wir zählten Lichter vorwiegend am frühen Abend, die Satellitendaten sind nach Mitternacht aufgenommen. Dies ist ein Problem für die Zusammenschau der unterschiedlichen Daten, weil sich die Zusammensetzung von Nachtlichtern erfahrungsgemäß im Verlauf der Nacht verändert (Fenster werden dunkel, Reklamebeleuchtung wird ausgeschaltet, Autos fahren weniger, etc.) Dem Projektleiter Christopher Kyba war dieses Problem bewusst, dem Bürgerwissenschaftsteam zunächst nicht. So oder so ist es nicht einfach zu lösen, weil Lichter-Zählen spät in der Nacht eher selten passiert.

Mit Blick auf Bürgerwissenschaft im Allgemeinen interpretieren wir das Feedback dahingehend, dass es sinnvoll scheint, die wissenschaftlichen Interessen der Beteiligten bereits bei Projektbeginn genauer abzuklopfen, um im Projektverlauf **auf unterschiedliche individuelle Ansprüche an wissenschaftliche Einbindung und Beteiligung reagieren** zu können. Selbstverständlich bedeutet stärkere Einbindung oft auch einen erhöhten Kommunikations- und Abstimmungsbedarf im Projekt, was den Fortschritt von Projekten verlangsamt. Allerdings haben wir im *Nachtlichter*-Projekt gesehen, dass begründetes Zögern oder Nachhaken die App und andere Projektergebnisse stets verbessert hat. Eine der App-Mitentwicklerinnen identifiziert sich explizit mit der Rolle, „immer die ‚dummen‘ Fragen zu stellen“, die sich dann als äußerst zielführend erweisen.

Feedback von App-Nutzerinnen und -Nutzer

Die *Nachtlichter*-App werten wir insgesamt als gelungenes Datenerhebungsinstrument. Selbst skeptische Mitforschende, die unsere App-basierte Datenerhebungsmethode zunächst ablehnten, ersetzten nach kurzer Zeit ihre analogen Lichter-Zählungen mit Stift und Zettel durch die digitale Erfassungsmethode. Auch unter den Umfrage-TN stieß das neue Datenerhebungsinstrument auf überwiegend positives Feedback (wobei positive Stimmen sicher überrepräsentiert sind, da all jene, denen die App nicht gefallen hat, das Mitforschen mit hoher Wahrscheinlichkeit aufgegeben haben). 33% der Umfrage-TN stimmten voll zu, dass die App „sehr einfach“ zu bedienen war, 51% stimmten dieser Aussagen überwiegend zu. Nur 8% der TN waren unentschieden und 3% stimmten eher nicht oder gar nicht zu. Zusammengenommen bewerteten die TN die Aussage, „die App war sehr einfach zu bedienen“ durchschnittlich mit 4,2 von 5 Punkten zu (5= volle Zustimmung). Der Aussage „Die App hat einwandfrei funktioniert“ stimmten ebenfalls 33% voll und 45% überwiegend zu – und dies trotz anfänglicher Bedienungsfehler, die *Natural Appetitude* im Laufe der ersten Kampagnenwoche behob. Zwischen weiblichen und männlichen App-Bewertungen gab es keine nennenswerten Unterschiede. Altersunterschiede fallen ebenso kaum ins Gewicht. TN unter 35 Jahren bewerteten die Bedienfreundlichkeit der App im Mittel mit 4,4 von 5 Punkten. TN über 49 Jahren vergaben im Mittel 4 von 5 Punkten. Ebenso stimmten die Jüngeren etwas öfter voll zu, dass die App „einwandfrei funktioniert“ habe (siehe unten Abb. 22).

Als den größten Erfolg der App-Entwicklung werten wir, dass sich unerwartet viele Mitforschenden an den ersten *Nachtlichter*-Kampagnen beteiligten und im Erhebungszeitraum fast eine Viertelmillion Lichter per App-Eingabe erfassten und charakterisierten. Eine Kampagnenorganisatorin vermutet, dass das Zählen mit der App an sich einige Mitforschende ohne spezifisches Interesse an Licht oder Dunkelheit zum Mitmachen motiviert haben könnte:

„Das ist vielleicht auch etwas, das mit der App einhergeht, weil die auch so einen spielerischen Charakter hat. Damit mal rauszugehen und zu zählen, ist vielleicht auch ganz lustig. Und dann ist es auch nicht ganz so relevant, was das Ziel ist. So war jedenfalls mein Eindruck.... Das ist bei Bürgerwissenschaft auch nicht ganz irrelevant, glaube ich.“

Weitere Erfolgsfaktoren und Herausforderungen der Kampagne 2021 stellen wir im Folgenden dar.

Die Nachtlichter-Kampagnen – August 2021 bis November 2021

Die *Nachtlichter*-Kampagnen zielten darauf ab, in möglichst vielen zusammenhängenden Gebieten in Deutschland alle künstlichen Lichtquellen zu erfassen und zu klassifizieren, die von öffentlichen Räumen aus sicht- und zählbar waren. Die *Nachtlichter*-App ermöglichte es den Projektbeteiligten, diese Lichter via Smartphones und andere mobile Endgeräte und mittels vorgegebener Kategorien möglichst vollständig und digital zu erfassen. Um viele Mitforschende für das Lichter-Zählen zu gewinnen, planten wir groß angelegte, **stadtbezogene und dezentral organisierte Kampagnen**. Geplant war seit Projektbeginn, groß angelegte Zählaktionen oder ‚Messkampagnen‘ mit lokalen Teams und Partnerorganisationen in ausgewählten Städten durchzuführen. Die Bereitschaft lokaler Organisationsteams, Kampagnen in ihren Städten anzuleiten, übertraf die Erwartungen des Wissenschaftsteams.

Zusätzlich kamen ab Sommer 2021 immer mehr interessierte Einzelpersonen auf uns zu, die zwar keine Kapazitäten hatten, große Kampagnen zu organisieren und Mitforschende in ihrer Stadt oder Gemeinde zu mobilisieren, aber dennoch mit uns Lichter zählen wollten. **‚Individuelle‘ oder ‚eigene Messkampagnen‘**, wie wir sie nennen, produzierten am Ende erstaunlich viele zusätzliche Daten für kleinere zusammenhängende Gebiete weltweit. Der jüngste Teilnehmer mit eigener Kampagne war zwölf Jahre alt. Wir wurden auf ihn aufmerksam, weil er am Rande von Berlin in Begleitung seiner Familie so viele Lichter gezählt hatte, dass wir ihn per E-Mail kontaktierten. Inzwischen nimmt er als Teil des Kernteams regelmäßig an Projektbesprechungen teil und präsentierte das *Nachtlichter*-Projekt auf der Europäischen Bürgerwissenschaftskonferenz ECSA 2022 in Berlin. Wie unser junger Kollege berichtete, schien ihm das Lichter-Zählen während der Corona Lockdowns eine sinnvolle und willkommene Beschäftigung im Freien.

Das GFZ-Wissenschaftsteam stand mit den meisten lokalen Organisationsteams und individuell Zählenden in regelmäßigem Kontakt und unterstützte bei forschungspraktischen Fragen und Entscheidungen. Über die Motivationen eigenständig Zählender wissen wir aus persönlichen Gesprächen, dass Sie sich für das Bürgerwissenschaftsprojekt interessierten, künstliche Lichtemissionen oftmals kritisch sehen und sich aufgrund ihres Wohnorts keiner lokalen Kampagne anschließen konnten. Die Dynamiken und Motivationen der konzertierten ‚lokalen‘ *Nachtlichter*-Kampagnen können wir mittels Nachbefragung sowie neun Interviews mit lokalen Kampagnen-Organisationsteams rekonstruieren. Zudem standen die Kampagnen-Organisationsteams und das Wissenschaftsteam kontinuierlich in engem Kontakt und in Teamsitzungen thematisierten wir regelmäßig Fortschritte und Herausforderungen.

Lokale Kampagnen – vorbereitende Organisation und Kommunikation

Die endgültige Auswahl der Orte für konzertierte Messkampagnen erfolgte im Frühjahr 2021. Das GFZ-Team war aber bereits seit Projektstart mit einigen potenziellen lokalen Organisatorinnen und Organisatoren im Gespräch, weil sich diese Personen bereits stark für den Schutz der Nacht einsetzten. Auch einige Mitglieder des App-Entwicklungsteam

hatten Interesse, *Nachtlichter*-Messkampagnen an ihrem Wohnort zu initiieren und anzuführen, nämlich in Dresden, Fulda, Herzogenaurach und Potsdam. Es folgten weitere Interessenbekundungen aus Bochum, Bozen (Italien), Erlangen, Preußisch-Oldendorf, Würzburg und während der Kampagne auch aus Köln, Leipzig, Lutherstadt Wittenberg und Trier. Zusätzlich zu diesen konzertierten Aktionen führten Mitforschende individuell ihre eigenen Kampagnen in einer Reihe deutscher Städte und Gemeinden durch, insbesondere in Achterwehr, Augsburg, Erfurt und Herzogenaurach. Eine vollständige tabellarische Auflistung findet sich in unserem Methodenpapier (Gokus u.a. 2023).

Die lokalen Organisationsteams der größeren Kampagnen übernahmen ab Frühjahr 2021 die Aufgabe, Messgebiete in Absprache mit dem GFZ-Team zu definieren und Zählabschnitte, genannt ‚Transekte‘, mit Blick auf ihre öffentliche Zugänglichkeit zu überprüfen. Diese Transekten wurden dann in der App als Zählabschnitte für das Lichter-Zählen angelegt, wo sie in der App-Kartenansicht als gelb markierte Linien erschienen (siehe Abb. 15).

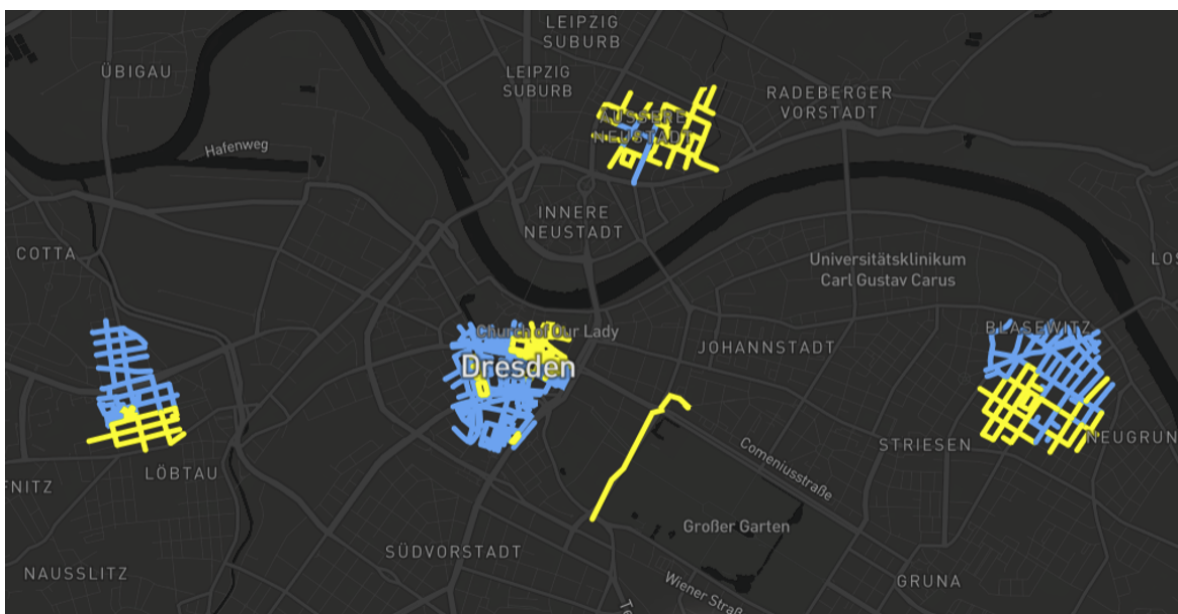


Abb. 15: Vorab markierte Zählabschnitte (Transekten) waren in der App-Ansicht blau markiert und verwandelten sich in gelbe Abschnitte, sobald die Zählung abgeschlossen war.

Eine zentrale Aufgabe der lokalen Organisationsteams war außerdem, Freiwillige für das Lichter-Zählen zu begeistern. Hierfür mobilisierten sie nicht nur im eigenen Freundes- und Bekanntenkreis, sondern informierten auch gezielt Multiplikatorinnen und Multiplikatoren in lokalen Naturschutzverbänden und Astronomie-Vereinen mit dem Ziel, deren Mitglieder zum Mitmachen einzuladen. Die meisten lokalen Organisationsteams arbeiteten in Zweierteams¹⁴ und teilten sich die Aufgaben. Das GFZ-Team unterstützte die Teams mit einer Checkliste (Anhang 4) zur Planung des organisatorischen Ablaufs, mit Pressemitteilungen und weiteren Informationsmaterialien inklusive eines Projektflyers in digitaler und gedruckter Form. In Zoom-Treffen besprachen das GFZ-Team und die jeweiligen lokalen Organisationsteams alle zwei Wochen den aktuellen Stand und

¹⁴ In Erlangen organisierte ein Viererteam die lokale Kampagne, dort begannen die Vorbereitungen allerdings auch später als in den anderen Städten.

Fortschritt der Kampagnen. Das GFZ-Team konnte so neue Ideen, gute Ansätze und lokale Erfahrungen an die jeweils anderen lokalen Teams weitergeben, ohne dass wir uns alle gemeinsam treffen mussten. Um die Kommunikation schlank zu halten, entschieden wir uns auch gegen einen projektweiten Mailverteiler speziell für Kampagnenorganisatorinnen und -organisatoren.

In Interviews mit neun Organisatorinnen und Organisatoren nach Kampagnenende bewerteten die Befragten den regelmäßigen Austausch als durchweg produktiv und positiv. „Wenn man mal eine Frage hatte, war der Mail-Kontakt immer schnell und super unkompliziert. Die Treffen immer super durchorganisiert,“ erinnert sich eine lokale Organisatorin. Ein Mitorganisator merkte im Nachhinein kritisch an, er hätte sich manchmal mehr Durchblick und Einblick in die Struktur des Gesamtprojekts gewünscht. Tatsächlich fehlte dieser Überblick insbesondere den Organisatorinnen und Organisatoren, die sich dem Projekt erst anlässlich der Kampagnenorganisation angeschlossen hatten¹⁵ und nicht schon seit der App-Entwicklung dabei waren. Zugleich erklärten die Interviewten, die Kampagnenplanung habe sie vor Ort gut beschäftigt, so dass sie während der Kampagnen keinen Austauschbedarf zum Gesamtprojekt gesehen hatten.¹⁶

Das erste gemeinsame Treffen, bei dem sich alle Mitforschenden Kampagnen-übergreifend trafen war das ‚Bergfest‘ nach einem Monat Lichter-Zählen. Dabei feierten wir den Halbzeitstand der Kampagnen mit einem pandemieverträglichen virtuellen Treffen.

In der Gesamtschau sehen wir **große Vorteile in der dezentralen Organisation** der *Nachtlichter*-Kampagnen. Die lokalen Organisationsteams kannten ihre stadtspezifischen Kontexte, was die Auswahl geeigneter Zählgebiete erleichterte. Sie waren außerdem lokal vernetzt, was die Mobilisierung interessierter Mitforschender sehr beförderte. Nicht zuletzt erlaubte die dezentrale Selbstorganisation einen situationsspezifischen Umgang auf die sehr unterschiedlichen Zähldynamiken vor Ort. Wir sind überzeugt, dass diese lokale Sensibilität den Erfolg der Kampagnen und teils sogar die Übererfüllung der selbstgesteckten Ziele stark befördert hat. Im Folgenden betrachten wir die Dynamiken im Detail.

Kampagnenstart und Lichter-Zählen unter Pandemiebedingungen

Die *Nachtlichter*-Kampagnen liefen vom 31. Aug. bis 14. Nov. 2021. Zum Auftakt organisierten wir jeweils eine gemeinsame einstündige Info- und Kennenlernveranstaltung. Im Rahmen dieses Kick-off gab das GFZ-Team eine kurze Einführung in das Projekt und die App und die lokalen Organisationsteams stellten die vordefinierten und in der App

¹⁵ Dies galt für Bozen, Erlangen, Potsdam, Würzburg und je eine Mitorganisatorin in Dresden und Fulda.

¹⁶ Zwei Interviewte erklärten, ihnen habe zwar der Gesamtüberblick gefehlt, aber der Fokus habe ohnehin auf der Kampagnenorganisation gelegen, so dass sich ihr Bedarf an weiteren Informationen in Grenzen gehalten habe. Eine Organisatorin berichtet, sie habe sich gleich in die Mailingliste des App-Entwicklungsteams eingetragen und sich mittels Projektwebsite und den Protokollen virtueller Treffen schlau gemacht, was aufwendig war, ihr aber rasch einen besseren Durchblick verschaffte. Aus Sicht eines weiteren Organisations hat sich die Vernetzung mit anderen Teams „nicht aufgedrängt“ und ihn auch nicht sonderlich interessiert, da er sich auf die Organisation der eigenen lokalen Kampagne konzentrierte. „Insofern fand ich auch den übergreifenden Austausch nicht so ertragreich für mich persönlich.“

angezeigten Zählgebiete vor. Danach beantworteten wir Fragen der Interessierten. An den einzelnen Auftaktveranstaltungen nahmen zwischen fünf und 40 Personen teil.

Geplant war, die Kick-offs in Präsenz des GFZ-Teams vor Ort abzuhalten und die Räume hierfür waren fast überall auch bereits gebucht. Die Pandemie vereitelte unsere Pläne, so dass schlussendlich nur die Potsdamer Auftaktveranstaltung in Präsenz am GFZ unter Berücksichtigung eines Hygienekonzepts stattfand. In Bozen fand der Kampagnen-Auftakt als hybride Veranstaltung im Naturkundemuseum statt, wobei das GFZ-Team und einige weitere Projekt-Interessierte online zugeschaltet waren. Die Auftaktveranstaltungen in allen übrigen Kampagnen-Städten fanden virtuell statt (via Zoom).

Die meisten **lokalen Teams trafen sich direkt oder kurz nach den Auftaktveranstaltungen in ihren Städten zum gemeinsamen Lichter-Zählen**, um trotz Pandemie einen direkten Kontakt zu den Freiwilligen herzustellen. Je nach Kampagnendynamik wiederholten die lokalen Teams im September und Oktober 2021 die gemeinsamen Zählaktionen teilweise wöchentlich vor Ort. Wo Interesse bestand (in Bozen, Dresden, Erlangen und Fulda), richteten die lokalen Teams WhatsApp-Gruppen ein (andere Messenger-Dienste waren weniger verbreitet). Nach Aussagen der Organisationsteams bot das Medium eine gute Möglichkeit für niederschweligen Austausch, auch über ‚Beleuchtungssünden‘ und Kategorisierungsfragen beim Zählen in kniffligen Lichtsituationen.

Mit Blick auf die Pandemie-Situation können wir festhalten, dass wir zwar nicht wissen, wie das Projekt ohne Lockdowns und andere Einschränkungen verlaufen wäre, die Mitforschenden sich aber eher positiv auf die besondere Lage einstellten. In der Umfrage erhielt die Aussage „Die Corona-Pandemie hat die Kampagnen negativ beeinflusst“ nur bei 16% der TN volle oder überwiegende Zustimmung. 56% stimmten dieser Aussage eher nicht oder gar nicht zu und der Rest war unentschieden oder enthielt sich. In offenen Antwortoptionen spezifizierten einige TN ihre Erfahrungen. Dabei nannten 20% negative Auswirkungen der Pandemie, insbesondere das Fehlen gemeinsamer Treffen zum Kennenlernen oder Feiern der Projekterfolge, die die Motivation oder die positiven sozialen Aspekte des Projekts gestärkt hätten. Dagegen hoben 12% der TN positive Effekte der Pandemie hervor, weil sie dadurch mehr Zeit zum Lichter-Zählen hatten, weil sich das gemeinsame Zählen im Freien ideal mit abendlichen Spaziergängen verbinden ließ und eine Möglichkeit bot, pandemischer Langeweile zu entfliehen. In persönlichen Gesprächen spekulierten Mitforschende, dass sie *noch* mehr Lichter gezählt hätten, hätte die App bereits während des Lockdowns im Frühjahr 2021 zur Verfügung gestanden. Andererseits hätten die während des Lockdowns geltenden Ausgangssperren und Kontaktverbote das gemeinsame Lichter-Zählen nach Einbruch der Dunkelheit stark beeinträchtigt.

Zusammenfassend ist unser Eindruck, dass wir **das Beste aus der Pandemie-Situation gemacht** haben und während der COVID-19 Krise pragmatische Lösungen für unerwartet auftretende Probleme fanden. Ein Drittel der TN sahen keine negative Beeinflussung des Projekts. Dabei war es schön zu sehen, dass das gemeinsame Lichter-Zählen als willkommene Freizeitbeschäftigung im Freien wahrgenommen wurde. Schwer zu überprüfen ist der Einfluss der Situation auf die Daten. Diese Sorge äußerten auch Umfrageteilnehmer und verwiesen darauf, dass Restaurants während der Pandemie früher schlossen oder

geschlossen blieben, weniger Autos auf den Straßen unterwegs waren und „wahrscheinlich mehr Lichter in den Wohnungen brannten, weil die Menschen zuhause waren“.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die lokalen **Organisationsteams zentral** waren für die Projektkommunikation und Weitergabe von Informationen während der Kampagnen. Darüber hinaus prägten sie die Kampagnen maßgeblich durch ihr Engagement beim Lichter-Zählen und eigenen Initiativen und Ideen zur Kampagnenumsetzung. Im Laufe der Vorbereitung und Durchführung kamen zahlreiche gute Vorschläge von den lokalen Organisationsteams, die dann auch in anderen Kampagnenstädten auf Anklang stießen und teils auch übernommen wurden. Als besonders zielführend erwies sich beispielsweise die Idee, sich regelmäßig abends zum gemeinsamen Lichter-Zählen zu treffen. In Städten wie Fulda, Dresden, Köln und Bozen trugen diese gemeinschaftlichen Zählaktionen wesentlich zum Projekterfolg bei, wohingegen an anderen Orten wie Potsdam weniger Interesse an konzertierten Aktionen bestand. Das Lichter-Zählen funktionierte dort trotzdem prima.

Datenerhebungs-Dynamiken – sehr unterschiedlicher Zähl- und Zeitaufwand

Die **lokalen Kampagnen verliefen trotz gleicher Planungsschritte sehr unterschiedlich**. Zum einen hatten sich die lokalen Teams unterschiedliche Kampagnenziele gesteckt und ihre **lokal vordefinierten Messgebiete waren sehr unterschiedlich** groß. Zum anderen beeinflussten lokale Voraussetzungen wie Raumnutzung, Bebauungsart und -dichte in den Messgebieten das Zähltempo. Der **Zählaufwand war besonders hoch in Innenstädten** mit engen Straßen, vielen Geschäften, dichter Hochhausbebauung und entsprechend vielen Lichtquellen; Wohngebiete mit ein paar Straßenlaternen, Gartenlichtern und erleuchteten Fenstern von Einfamilienhäusern waren dagegen eher rasch abgezählt. Der Vergleich zwischen Potsdam und Dresden illustriert diese Unterschiede in der Lichterdichte und Zählaufgabe (Abb. 16, vgl. Zschorn und Mattern 2023).

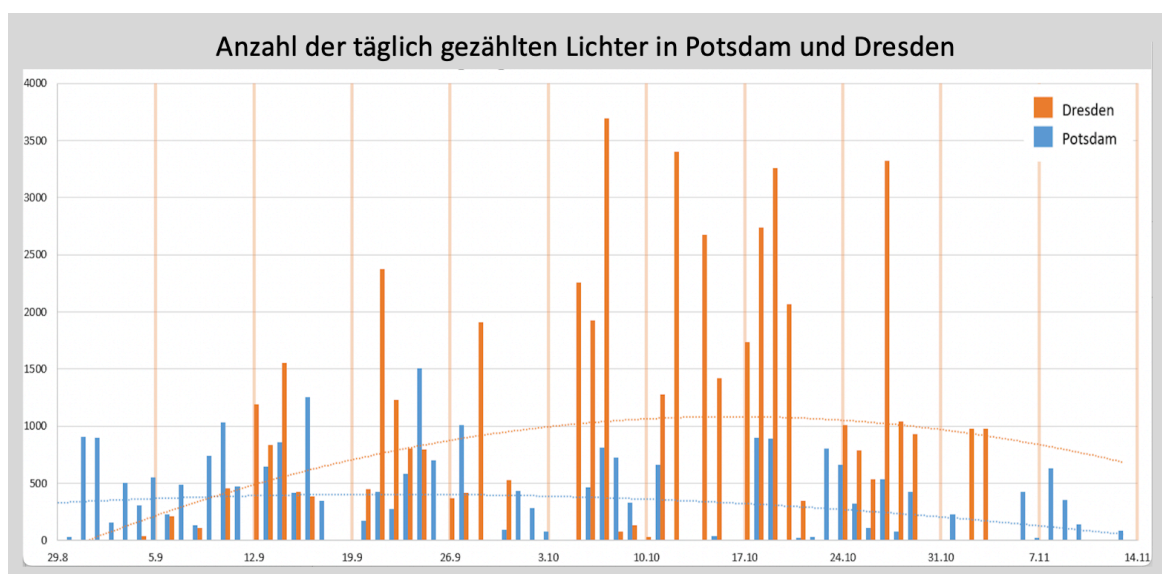


Abb. 16: Gezählte Lichter in Dresden (orange) und Potsdam (blau) im Verlauf der Nachtlichter-Kampagnen. Die hell gepunkteten Linien markieren die Durchschnittswerte. Grafik: Janina Mattern.

Bei unserer Rückschau auf die größten *Nachtlichter*-Kampagnen in fünf deutschen Städten und im italienischen Bozen haben wir darum sowohl Zählstatistiken (Abb. 17) als auch unsere Beobachtungen lokaler Gruppendynamiken berücksichtigt und ausgewertet (siehe

unten). Weil die **Kampagnen dezentral und mit experimenteller Offenheit durchgeführt** wurden, erlebten wir **Überraschungen mit Blick auf lokale Datenerhebungs-Dynamiken**. In Erlangen und Potsdam, wo die Organisationsteams erst in der Vorbereitungsphase der Kampagnen zum Projekt gestoßen waren, erzeugten Zeitungsartikel über das *Nachtlichter*-Projekt große Resonanz und lokales Engagement beim Lichter-Zählen. In der ‚Sternenstadt‘ Fulda dagegen, wo alle mit breitem Lichtverschmutzungs-Interesse und großer Beteiligung gerechnet hatten, lief die Kampagne trotz eines Fernsehbeitrags schleppend an, kam dann aber durch verstärkten persönlichen Einsatz des Organisationsteams noch richtig in Schwung. In Würzburg organisierten wir eine *Nachtlichter*-Kampagne in Kooperation mit dem deutschlandweiten, publikumswirksamen Festival „Highlights der Physik“. Das Event beflügelte die Kampagne aber kaum – trotz eines öffentlichkeitswirksamen *Nachtlichter*-Vortrags auf großer Bühne. Das Würzburg-Team konnte bis zum Schluss nur wenige Menschen zum Lichter-Zählen bewegen. In Dresden war die zu zählende Lichterzahl im Vergleich zu anderen Städten am größten. Obwohl sich mehrere Gruppen, darunter auch Studierende der TU Dresden und Mitglieder einer lokalen Sternwarte, am Lichter-Zählen beteiligten, konnte das hochgesteckte Zähl-Ziel nur durch verstärkte, konzertierte Aktionen in den letzten Kampagnenwochen erreicht werden. In Bozen war das vordefinierte Zählgebiet zunächst klein und konnte rasch und erfolgreich abgeschlossen werden. Das lokale Team entschied, die Zeit bis zum Ende der Datenerhebungsphase zu nutzen und weitere Lichter in zusätzlichen Straßen zu zählen.

Gezählte Lichter pro Kampagnen-Stadt kumulativ im Zeitverlauf

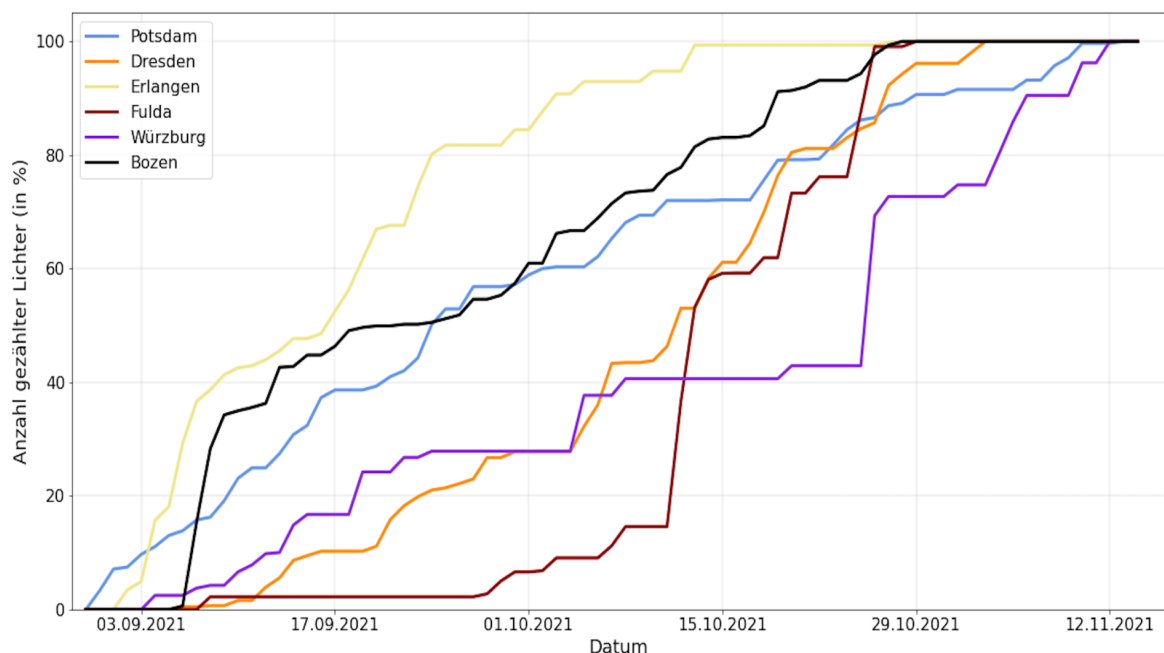


Abb. 17: Unterschiedlichen Wege zum jeweiligen Kampagnen-Ziel (100%) in den sechs größten Kampagnen-Städten unabhängig von der absoluten Menge der gezählten Lichter. Grafik: Arne Dröge-Rothaar.

In der App war der lokale Fortschritt beim Lichter-Zählen jederzeit ersichtlich, weil bereits gezählte Transekte ihre Farbe von blau auf gelb wechselten (Abb. 15). Diese Möglichkeit der Selbstkontrolle hatte laut Kampagnenorganisatorinnen und -organisatoren durchaus Einfluss auf die lokalen Zähl-dynamiken. Beispielsweise hatte in Bozen und Erlangen das

rasche Vorankommen und Abarbeiten relativ kleiner Messgebiet eine motivierende Wirkung, so dass die Mitforschenden ihr Messgebiet teils erweiterten und weiterzählten. In Dresden, Fulda und Würzburg stellten anspruchsvolle Messziele die lokalen Organisationsteams vor die Herausforderung, viele Mitforschende zu mobilisieren und sich selbst stark am Lichter-Zählen zu beteiligen, um die vergleichsweise großen Messgebiete in teils aufwändigen Innenstadtbereichen erfolgreich abzuschließen. Im ebenfalls großen Potsdamer Messgebiet war die Motivation der Mitforschenden von Anfang an und durchgehend so groß, dass sie ihr Zählgebiet abschlossen und zusätzlich außerhalb der vordefinierten Abschnitte neue Zählabschnitte definierten.

Angesichts der unterschiedlichen Messgebiete und Teams können wir keine Aussage darüber machen, ob ein schrittweises Vorgehen mit frühen Erfolgserlebnissen motivierender war als ein von Anfang an hoch gestecktes Ziel. Ein entscheidender Motivations- und Erfolgsfaktor scheint unter anderen (vgl. 3.3.) das **Fehlen von Erfolgsdruck** gewesen zu sein: Die lokal Verantwortlichen definierten ihre Kampagnen-Ziele selbst und wir vereinbarten explizit, dass lokale Messgebiete jederzeit verkleinert werden konnten. Schlussendlich konnten an fast allen Orten die selbstgesteckten Ziele erreicht und alle Transekte abgeschlossen werden. Nur in Würzburg reduzierten wir das Zählgebiet, nachdem sich kaum Mitforschende gefunden hatten.

Viele der ehrenamtlich **Mitforschenden haben sich erstaunlich regelmäßig am freiwilligen Lichter-Zählen beteiligt**, obwohl die Aufgabe volle Konzentration erforderte und die Temperaturen auf abendlich-nächtlichen Straßen im Laufe der Kampagne sanken. In der Umfrage gaben 25% der TN an, durchschnittlich einen Abend pro Woche oder öfter Lichter gezählt zu haben. Der größte Anteil von 41% der TN hatte mehrfach Lichter gezählt, aber durchschnittlich weniger als einen Abend pro Woche. 20% der Umfrage-TN hatten die App nur einmal genutzt. 12% nutzen ein Textfeld, um „sonstige“ Zeitangaben zu machen. So erfuhren wir, dass die Mehrheit dieser Gruppe über mehrere Wochen besonders oft mit der App unterwegs war – mehrere Abende pro Woche und besonders viele Stunden, zum Beispiel: „Im September habe ich fast jeden Abend Lichter gezählt“. Vier TN dieser Gruppe spezifizieren, dass sie insgesamt nur zwei- bis viermal Lichter gezählt haben (Abb. 18).

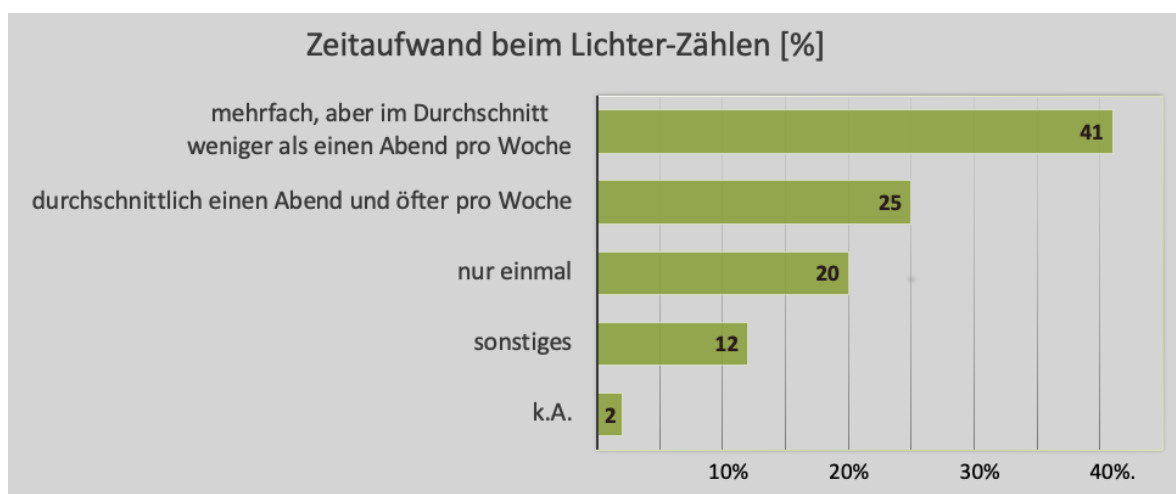


Abb. 18: TN-Angaben zu ihrem zeitlichen Engagement während der Nachtlichter-Kampagne 2021.

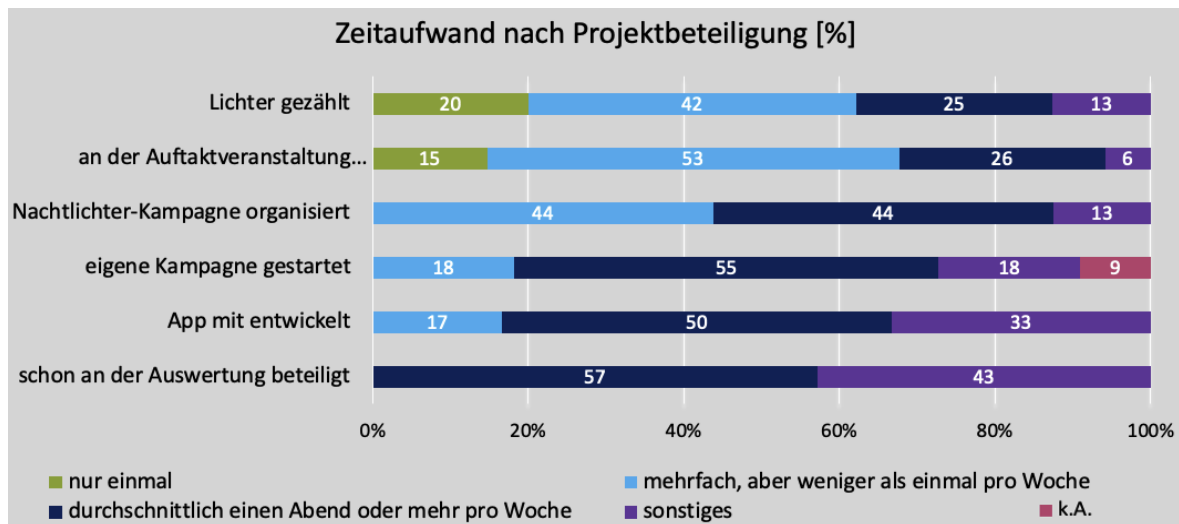


Abb. 19: TN-Angaben zu ihrem zeitlichen Engagement aufgeschlüsselt nach Dauer und Art der Projektbeteiligung.

Das **Engagement beim Lichter-Zählen korreliert mit dem Projektengagement allgemein** (Abb. 19). Diejenigen Umfrage-TN, die einen Abend pro Woche oder mehr mit Lichter-Zählen verbrachten, haben auch die App mitentwickelt, eine eigene Kampagne gestartet und/oder sich nach Abschluss der Kampagnen an der Datenauswertung beteiligt. Interessant ist, dass Mitforschende, die „eigene Kampagnen gestartet“ haben, noch öfter Lichter zählten als die Organisatorinnen und Organisatoren groß angelegter, städtischer Messkampagnen. Eine Erklärung hierfür scheint nach unserer eigenen Erfahrung, dass die lokalen Organisationsteams bereits den Koordinations- und Organisationsaufwand zu stemmen hatten und ihnen darum weniger Zeit zum Lichter-Zählen blieb (siehe 3.3.).

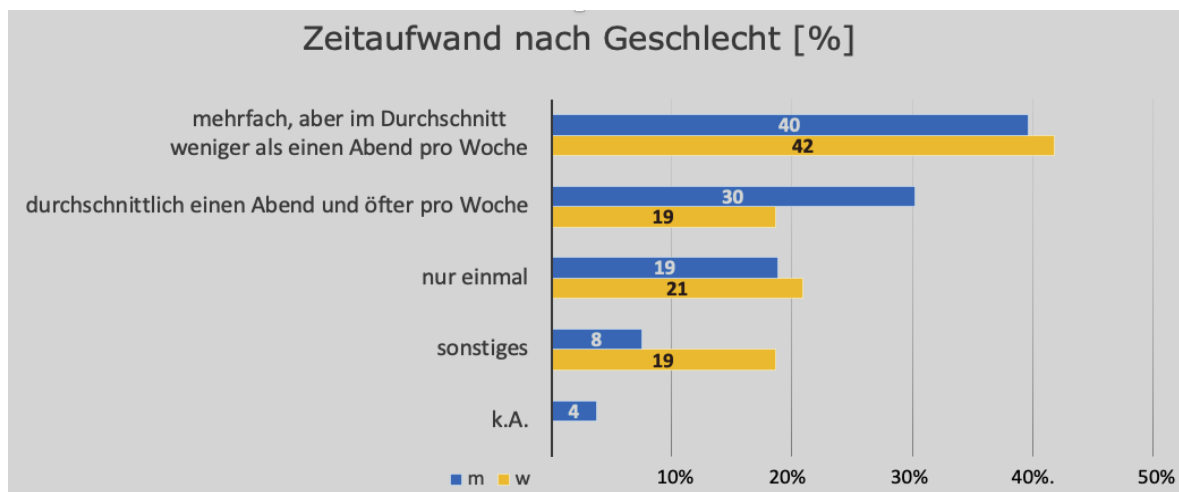


Abb. 20: Wir fragten: „Wie viel Zeit hast du im Kampagnenzeitraum ungefähr mit Lichter-Zählen verbracht?“ (Eine Antwortoption). Auswertung nach männlichen (m) und weiblichen (w) TN.

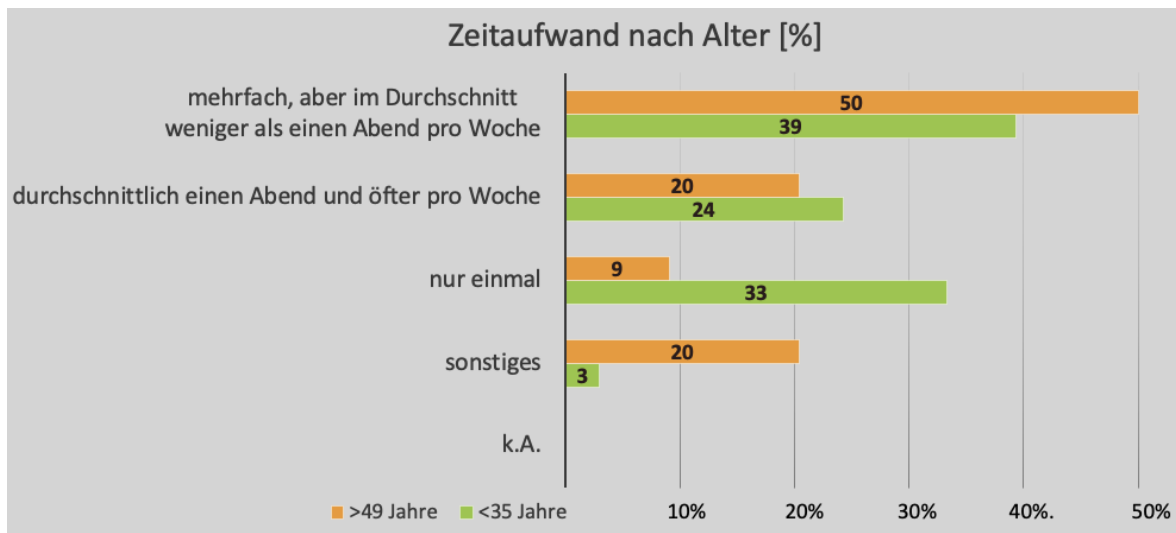


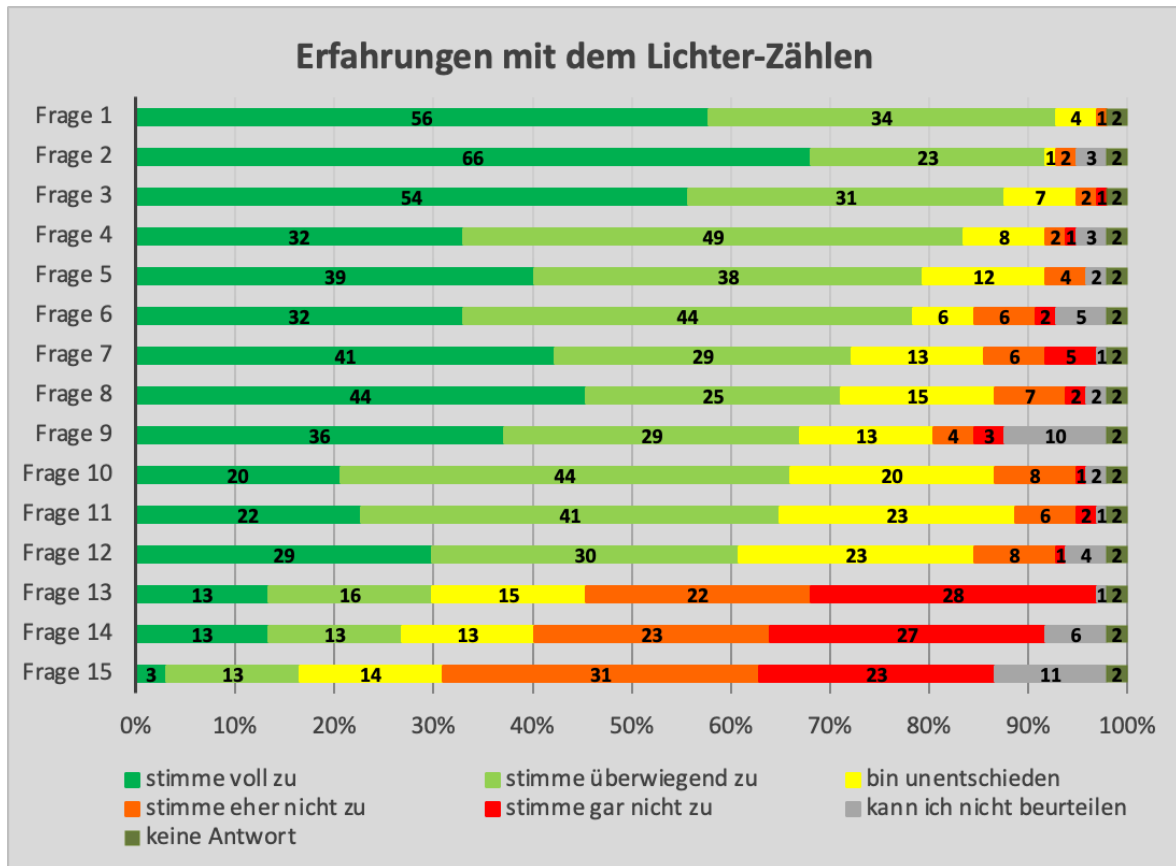
Abb. 21: Wir fragten: „Wie viel Zeit hast du im Kampagnenzeitraum ungefähr mit Lichter-Zählen verbracht?“ (Eine Antwortoption). Auswertung nach TN unter 35 Jahren und TN über 49 Jahren.

Das zeitliche Engagement beim Lichter-Zählen variiert ein wenig, wenn man männliche und weibliche App-User sowie Altersgruppen vergleicht. Ein Drittel der Männer (30%), aber nur ein Fünftel der Frauen (19%) haben einmal wöchentlich oder öfter Lichter gezählt (Abb. 20). Frauen (19%) melden aber öfter „sonstige“, also konzentriertere Zählstrategien als männliche Umfrage-TN (8%). Mit Blick auf Altersunterschiede (Abb. 21) ist bei den TN unter 35 Jahren der Anteil derer, die die App nur einmal ausprobiert haben, erheblich höher (33%) als bei den TN über 49 Jahren (9%). Dies könnte darauf hindeuten, dass die unter-35-Jährigen neugierig auf das Projekt, aber unentschiedener in ihrem Engagement waren. Wahrscheinlicher scheint uns aber der strukturelle Faktor, dass zahlreiche Jüngere im Rahmen von Studien- oder Schulprojekten nur punktuell mitgeforscht haben.

Nachtlichter zählen – allgemeines Feedback von Mitforschenden

Insgesamt fällt das Umfragen-Feedback zum Projekt sehr positiv aus. Das ist insofern nicht verwunderlich, da die Umfrage erst nach Abschluss der Kampagne stattfand und alle Unzufriedenen das Projekt vermutlich früh verlassen haben. Dennoch ist es interessant zu sehen, welche Aspekte besonders positiv bewertet wurden. Mit Blick auf die *Nachtlichter*-Kampagne allgemein erhielten die folgenden zwei Aussagen größte Zustimmung (über 90%): „Ich bin sehr gespannt auf die wissenschaftlichen Erkenntnisse“ und „ich hatte das Gefühl, ich beteilige mich an etwas Sinnvollem“ (Abb. 22).

Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Umfrage-TN spielen mit Blick auf die Zählerfahrung keine große Rolle. Weibliche TN stimmten durchschnittlich eher zu, dass sie das Lichter-Zählen „(noch mehr) für das Thema Lichtverschmutzung sensibilisiert“ habe (auf einer Skala von 1-5 stimmen weibliche TN mit 4,4 Punkten zu, männliche TN mit nur 3,9 Punkten). Männliche TN haben außerdem etwas lieber allein gezählt (2,8 Punkte versus 2,3 bei weiblichen TN).



- Frage 1: Ich hatte das Gefühl, ich beteilige mich an etwas Sinnvollem.
- Frage 2: Ich bin sehr gespannt auf die wissenschaftlichen Erkenntnisse.
- Frage 3: Ich fand das Lichterzählen im Dunkeln sehr interessant.
- Frage 4: Die Nachtlichter App war sehr einfach zu bedienen.
- Frage 5: Es hat mich sehr motiviert, in der App zu sehen, wie viele Lichter und Straßenabschnitte schon erfasst sind.
- Frage 6: Die App hat einwandfrei funktioniert.
- Frage 7: Ich habe mich in der Pflicht gefühlt, das Zählgebiet komplett abzuschließen.
- Frage 8: Das Lichterzählen hat mich (noch mehr) für das Thema Lichtverschmutzung sensibilisiert.
- Frage 9: Das gemeinsame Lichterzählen in der Gruppe hat mir sehr gefallen.
- Frage 10: Mit der App abends spazieren zu gehen, war eine schöne Freizeitbeschäftigung.
- Frage 11: Nach dem Projekt bin ich entschlossener denn je, mich für den Schutz der Nacht zu engagieren.
- Frage 12: Das Lichterzählen war eine gute Möglichkeit, andere für das Thema Lichtverschmutzung zu sensibilisieren.
- Frage 13: Ich fand es am einfachsten, alleine Lichter zu zählen.
- Frage 14: Ich habe Familie, Freundinnen, Freunde und Bekannte erfolgreich zum Lichterzählen motiviert.
- Frage 15: Die Corona-Pandemie hat die Kampagnen negativ beeinflusst.

Abb. 22: Wir fragten: „Wenn du ans Lichter-Zählen mit der Nachtlichter-App zurückdenkst, wie sehr stimmst du folgenden Aussagen zu?“ (Skala von 1–5).

3.3. Vier Motivationsmuster für bürgerwissenschaftliches Engagement

Öffentliches Interesse zu wecken und die Interessierten zu nachhaltiger Beteiligung zu motivieren, ist eine wichtige Voraussetzung für Bürgerwissenschaftsprojekte. Auch für die *Nachtlichter*-Kampagnen und den Projekterfolg war entscheidend, dass wir ausreichend viele oder ausreichend ausdauernde Freiwillige mobilisierten. Nur so konnten alle Lichter in den lokal vordefinierten Zählgebieten erfasst und kategorisiert werden. Dies gelang überraschend gut, obwohl Lichter-Zählen keine Aufgabe ist, die man einfach so nebenbei erledigt. Um dieses bemerkenswerte bürgerwissenschaftliche Engagement besser zu verstehen, fragten wir die Mitforschenden nach ihrer Motivation mitzumachen.

Die folgende Analyse basiert auf teilnehmenden Beobachtungen und den Aussagen der Organisatorinnen und Organisatoren sechs groß angelegter *Nachtlichter*-Kampagnen. In ihren Städten haben sie das Lichter-Zählen inklusive Projekt-Begeisterung und Ermüdungserscheinungen hautnah miterlebt. Basierend auf diesen Beobachtungen und Aussagen identifizierten wir **vier allgemeine Mobilisierungsmuster, die mit spezifischen Mobilisierungspfaden einhergehen** (vgl. Abb. 8). Wichtig ist, dass die verschiedenen Mobilisierungsmuster nicht klar voneinander abgegrenzt sind, sondern sich wechselseitig überlagern können. Wir halten es daher für nützlich, unterschiedliche Motivationsmuster für bürgerwissenschaftliches Engagement zu unterscheiden.

Thematische Motivation: Schutz der Nacht, Wissenstransfer und Sensibilisierung

Thematisch motiviertes Engagement war das wichtigste Motiv der Mitforschenden, insbesondere derjenigen die sich längerfristig und stärker im Projekt engagierten. Eine Kampagnenorganisatorin erinnert sich: „Es gab zwei Richtungen: Die Sternenleute und die Naturschutzleute.“ Der Wunsch, die natürliche Dunkelheit bei Nacht zu erhalten, steht in engem Zusammenhang mit persönlichen Interessen an Naturschutz und/oder Astronomie. Denn Licht bei Nacht stört den natürlichen Tag-Nacht Rhythmus und bringt somit Ökosysteme aus dem Takt. Außerdem beeinträchtigt es unsere Möglichkeiten zur Sternenbeobachtung.

Dieses Bewusstsein zeigten auch unsere Umfrageergebnisse: 74% der Mitforschenden gaben an, sie zählten Lichter, um die natürliche, nächtliche Dunkelheit zu schützen und Ökosysteme zu erhalten. 53% waren interessiert an Astronomie und/oder schauen gerne in den Sternenhimmel (siehe oben, Abb. 5). 90% der Umfrage-TN hatten bei der Datenerhebung den Eindruck, sie beteiligten sich „an etwas Sinnvollem“, über 60% fühlen sich entschlossener, sich für den Schutz der Nacht zu engagieren, und knapp 60% hielten das Lichter-Zählen für „eine gute Möglichkeit, andere für das Thema Lichtverschmutzung zu sensibilisieren.“ (Abb. 22).

An Naturschutz interessierte Mitforschende kamen vorwiegend durch Medienberichterstattung zum Projekt, die das Projekt in einen Zusammenhang mit Lichtverschmutzung stellte. Manche erfuhren durch lokale Umweltgruppen von dem Projekt (NABU, BUND, Studierenden-Gruppen, Ubuntu Festival, Fridays for Future, etc.). Unter den Astronomie-Begeisterten trugen Sternwarten und Netzwerke von

Amateurastronomen dazu bei, dass Menschen mit Interesse am Sternhimmel vom Projekt erfuhren.

Thematisch motiviertes bürgerwissenschaftliches Engagement stand bei vielen Mitforschenden in direktem **Zusammenhang mit einem gesellschaftspolitischen Interesse am ‚Schutz der Nacht‘**. Die Mitorganisatorin der Potsdam-Kampagne, die auch in einer Ornithologen-Gruppe aktiv ist, erklärt: „Meine Motivation war wirklich, etwas zu bewegen.“ Sie wollte in einem Projekt mitmachen, „das der Natur hilft, das dem Bewusstsein der Menschen auf die Sprünge hilft und etwas bewegt.“ In Dresden haben sich Mitglieder einer lokalen Sternwarte inklusive des Freundeskreises stark für das Projekt engagiert und Tausende von Lichtern gezählt. Der Mitorganisator der Dresden-Kampagne, der selbst auch bei der Sternwarte aktiv ist, erklärt, das Projekt habe bei ihm dazu beigetragen, ein besseres Gefühl für das Problem Lichtverschmutzung zu bekommen und besser vernetzt zu sein rund um das Thema ‚Schutz der Nacht‘. Für ihn war das naheliegend, „denn unsere Sternwarte war einmal ansässig in Dresden und wurde durch Lichtverschmutzung verdrängt. Dadurch sind die Leute natürlich sehr viel mehr sensibilisiert.“

Manche Kampagnen-Organisationsteams engagierten sich nicht nur ehrenamtlich, sondern auch beruflich für einen dunklen Nachthimmel. Ihre Mission war im *Nachtlichter*-Projekt gut aufgehoben: „Ich habe mir erhofft, dass Leute von ihrem Sofa gelockt werden und mal die Augen aufmachen,“ erklärt die Kampagnenorganisatorin, die hauptberuflich als Nachtschutzbeauftragte des Biosphärenreservats Rhön und als Amateurastronomin gegen Lichtverschmutzung kämpft. Das Lichter-Zählen sei eine „sehr gute Schule, sich auch mal mit Licht zu beschäftigen.“ Es sei gut gewesen, dass die Leute „das Elend vor ihrer Haustür gesehen haben.“ Der Bozener Kampagnen-Initiator leitet ein Planetarium und ist Vorsitzender eines Amateur-Astronomie-Vereins: „Mich ärgert die Lichtverschmutzung. Ich kann nicht verstehen, wie man ein Problem, das so einfach zu lösen wäre, einfach nicht löst. Ich glaube, du kannst Leute von wissenschaftlichen Ergebnissen nur überzeugen, wenn du sie in den Prozess einbeziehst.“

Die Mitorganisatorin der Dresden-Kampagne promovierte während der Kampagne zu einem Lichtverschmutzungsthema: „Zwischendurch war ich total Feuer und Flamme und dachte: da kann man Leute nochmal ganz anders abholen und begeistern für die Thematik!“ Rückblickend hat sich diese Hoffnung etwas relativiert, weil Lichter-Zählen eben doch kein Massenphänomen wurde. „Sooo viele waren es nicht, die dann dabeigeblichen sind,“ erinnert sie sich lachend. „Das ist ja auch so ein Ding wie ‚hej, ich mach da so ein Projekt, das ist voll interessant und cool, komm mal mit, ich zeig dir das.‘ Und am Ende bleiben fünf Prozent hängen, die es auch wirklich interessiert.“

Ein Physiker, der die Würzburg-Kampagne mitorganisierte und dort im Bereich Astrophysik an der Universität forscht, findet Wissenstransfer wichtig. Astrophysik sei „kein Forschungszweig, der viel an den Steuerzahler zurückgibt. Dabei findet man gerade in der Astronomie viele, die sich dafür interessieren... Ich mag es auch gern, Leute irgendwo reinzuholen und Bewusstsein für bestimmte Konzepte zu schaffen, die wichtig sind.“ Der Schutz der Nacht und Lichtverschmutzung sind solche Konzepte, sowohl aus Sicht der Astronomie als auch aus Sicht des Naturschutzes.

Neugier: Von Forschungsgeist zu neuen Erkenntnissen und Erfahrungen

Die Möglichkeit, im Projekt Neues auszuprobieren, Neues zu erfahren und zu lernen, war ein weiteres zentrales Motivationsmuster. In der abschließenden Umfrage gaben rund die Hälfte der TN an, aus Neugier oder Lust auf Bürgerwissenschaft mitgemacht zu haben und fast alle sind neugierig auf die wissenschaftlichen Ergebnisse (Abb. 22). Die mobilisierende Wirkung „leidenschaftlicher Neugier“, wie es die Soziologin Helga Nowotny (2008) nennt, zeigte sich im *Nachtlichter*-Projekt im forschungsnahen Hintergrund und wissenschaftlichen Interesse einiger Mitforschender, vornehmlich männlicher Projektteilnehmer. Andere Mitforschende betonten die positive Erfahrung, Neues gelernt und ausprobiert zu haben.

Ein stark involvierter Teilnehmer, der sich auch als Amateurastronom engagiert, beschreibt sein bürgerwissenschaftliches Interesse wie folgt: „Andere Leute haben einen Schrebergarten... Andere bauen Schiffsmodelle... Mich hat Wissenschaft von klein auf interessiert und dadurch, dass ich selbst kein Wissenschaftler geworden bin, aber sowohl populärwissenschaftliche als auch tiefergreifende wissenschaftliche Literatur lese... und auch selber aktiv Vorträge halte, interessiert mich das.“ Im Projekt habe er die Chance gesehen, „etwas zu machen, was noch nie einer vorher gemacht hat. Das hat mich noch mehr motiviert.“ Außerdem habe ihn das Transdisziplinäre, also der Austausch zwischen Mitforschenden und Forschenden unterschiedlicher Disziplinen, gereizt und fasziniert. Forschungsgeist beobachtet er auch bei Mitforschenden, die selbst beruflich wissenschaftlich tätig sind oder waren und sich hobbymäßig im *Nachtlichter*-Projekt engagierten: „Ich denke, dass ist die wissenschaftliche Neugier dieser Berufswissenschaftler, die auch mal etwas anderes sehen wollen.“ Ein emeritierter Professor habe Lichter gezählt, weil er es spannend fand, dass man zu Lichtverschmutzung forschen kann.

Diesen wissenschaftlich orientierten Forschungsgeist bediente insbesondere der Physik- und Geoforschungsbezug des Projekts. So beteiligen sich ein Datenanalyst, ein Ingenieur, eine Kartografin und ein Physiker im Ruhestand auch nach der Kampagne weiter aktiv an der Datenauswertung, weil es sie fachlich-wissenschaftlich interessiert. Die Bochum-Kampagne organisierte ein MINT-Cluster gemeinsam mit einer Gruppe von Lehrerinnen und Lehrern verschiedener Schulen und konzipierten ihre Kampagne explizit für Schulen und Schülerinnen und Schüler mit begleitenden Unterrichtseinheiten. Einige Schul- und Hochschullehrende, Lernende und Studierende kontaktierten uns auf eigene Initiative, um für eigene Schul- oder Studienarbeiten in ihrer Umgebung auf eigene Faust Lichter zu zählen und mehr über künstliche Lichtemissionen zu erfahren. Zwei Universitätsdozentinnen der TU Dresden integrierten die *Nachtlichter*-Kampagne in ihren Seminarplan, weil sie im bürgerwissenschaftlichen Forschungsdesign und im frei zugänglichen *Nachtlichter*-Datensatz Lern- und Forschungsmöglichkeiten für ihre Studierenden sahen.

Die Neugier, Neues auszuprobieren, bezog sich aber nicht nur auf Wissenschaft, sondern auch auf die bürgerwissenschaftliche Interaktion und die Erfahrung der nächtlichen Umwelt. Mehrere Mitforschende berichten, das Lichter-Zählen habe ihren Blick auf Beleuchtung und ihre Umgebung bei Nacht verändert. Dies spiegelt sich auch im Umfrage-

Feedback wider: Knapp 70% stimmen zu, das Lichter-Zählen habe sie (noch mehr) für das Thema Lichtverschmutzung sensibilisiert.“

Im Interview erklärt eine Kampagnenorganisatorin außerdem, sie habe im Laufe des Projekts eine Reihe positiver, überraschender Erkenntnisse und Erfahrungen gemacht: „Ich habe unglaublich viel mitgenommen, über mich, über die Menschen, darüber, was man auch technisch machen kann. Ich kann das gar nicht alles aufzählen, was mich da bewegt.“ Ein Punkt sei, dass sie durch das Projekt neu über ihre Haltung und ihren Bezug zu sozialen Medien nachgedacht habe. Eine andere Kampagnenorganisatorin, die selbst wissenschaftlich tätig ist, hat das Thema Bürgerwissenschaft neu für sich entdeckt: „Ich habe auch gemerkt, dass ich Bürgerwissenschaft spannend finde, weil es nochmal eine Connection herstellt zwischen Wissenschaft und Menschen im ganz normalen Leben.“ In der Wissenschaft fehle ihr diese Verbindung manchmal. „Wissenschaft ist oft so abgeschnitten vom ‚echten‘ Leben. Das hatte ich vorher gar nicht so auf dem Schirm, dass mir das [Bürgerwissenschaft] gefallen könnte.“

Im direkten Austausch hoben Mitforschende positiv hervor, dass das Projekt „niederschwellig“ genug gewesen sei, um es Interessierten zu erlauben, sich ohne spezielle Vorkenntnisse an Bürgerwissenschaft zu beteiligen und „einfach mal mitzumachen“. Die oben erwähnte Kritik einzelner wissenschaftsnaher Mitforschender an mangelnden wissenschaftlichen Hintergründen und Details zeigt aber auch, dass in Bürgerwissenschaftsprojekten neben niederschwelliger, auch anspruchsvolle Wissenschaftskommunikation gefragt ist. Schließlich sind die Mitforschenden nicht nur neugierig und interessiert, sondern selbst oft wissenschaftsnah oder wissenschaftlich tätig.

Gruppendynamik: Von Freundschaftsdienst bis Gemeinschaftsgefühl

Sozial motiviertes Engagement war in bestehenden Gruppen oder in Freundeskreisen ein wichtiger Faktor. Nur etwa 30% der Umfrage-TN fanden es „am einfachsten, alleine Lichter zu zählen.“ Ein Fünftel gab dagegen an, durch Familie, Bekannte und Freundeskreis vom Projekt erfahren zu haben (Abb. 4). Unter den 37% der TN, die über „andere Kanäle“ zum Projekt gelangten, verwies die Mehrheit auf Schule, Uni oder ihr Arbeitsumfeld.

Umgekehrt gaben etwa ein Viertel der Umfrage-TN an, Familie, Bekannte und Freunde und Freundinnen zum abendlich-nächtlichen Lichter-Zählen motiviert zu haben. Eine der jüngeren Kampagnenorganisatorinnen beschreibt die Mobilisierung in ihrem Bekanntenkreis als eine Art Freundschaftsdienst: „Ich habe alle meine Freunde einmal mitgeschleppt. Ich habe bestimmt fünf oder sechs Leute einmal dabei gehabt. [...] Überreden musste ich niemanden.“ In der Regel habe es gereicht zu sagen, „ich fänd’s voll schön, wenn du mal mitkommst und dir anschaust, was ich mache.“ Die Motivation sei also eher gewesen, zu sehen, wofür sich eine Freundin so stark engagiert. Das Engagement sei aber selten von Dauer gewesen. Nur ein Freund, der sich auch selbst für das Thema Lichtverschmutzung interessiert, sei öfter mitgekommen. Dies passt zum Befund, dass intrinsisch motivierte Mitforschende mehr Lichter zählten (Abb. 8). Entsprechend vermutet eine andere Kampagnenorganisatorin: „Ich glaube, viele Leute haben mitgemacht, ohne wirklich das Ziel des Projekts zu kennen, einfach weil sie es grad cool fanden zu zählen.“ Sie

nennt das Beispiel einer Freundin: „ich glaube nicht, dass die wusste, was am Ende mit den Daten passiert, aber es war ihr auch schnuppe...“

Ein Mitorganisator der Potsdam-Kampagne berichtet, dass er „etliche“ Mitforschende privat kannte und mit diesen auch bezüglich der Kampagnen in Kontakt stand. Weniger Resonanz fand dagegen das Angebot, sich abends in Potsdam mit Unbekannten zum gemeinsamen Lichter-Zählen zu treffen und so eventuell auch neue Menschen kennenzulernen. Zu einem über den Newsletter angekündigten Termin tauchte nur der GFZ-Projektleiter Christopher Kyba auf und sie zählten zu zweit. In der Umfrage hebt eine Person hervor, sie habe in ihrer „kleinen Studi-Gruppe“ trotz Pandemie eine „neue Person beim Zählen kennengelernt, was ein super Bonus der ganzen Aktion war.“

In Erlangen beschreibt eine lokale Organisatorin, dass mehrere Paare ganz eigendynamisch bei abendlichen Spaziergängen Lichter zählten. Ein solches Paar stach auch in Fulda als besonders engagiert heraus.

Zwei Kampagnenorganisatorinnen, die sich beruflich mit Lichtverschmutzung beschäftigen, berichten, dass sie die soziale Interaktion im Rahmen des Projekts sehr genossen. Sie erlebten die *Nachtlichter*-Kampagnen auch als förderlich für ihre Arbeit zur Reduzierung von Lichtverschmutzung, bei der sie sich manchmal sehr alleine mühen:

„Was mir richtig gut gefallen hat, war schon das Soziale. Ich bin ja schon seit Jahren allein mit meinem Thema [Schutz der Nacht]. Und das war schön, in der Gruppe mit den Jäckchen [*Nachtlichter*-Warnwesten] rumzulaufen. Und wir sind dann auch gefragt worden, was wir machen, und dann hatte ich Flyer dabei und die Leute haben gesagt ‚ah ja! Fulda ist ja Sternenstadt!‘[...] Ich liebe es ja, mit Leuten zusammen etwas zu erreichen, an einem Strang zu ziehen. Das motiviert mich auch.“

„Die Zeit mit euch [dem *Nachtlichter*-Team], war wirklich nochmal ein richtiger Push für meine Arbeit, weil ich nicht mehr das Gefühl hatte, ich bastle da alleine vor mich hin. Selbst wenn das nichts direkt miteinander zu tun hatte, dann ist es trotzdem wenigstens ein bisschen Austausch zu dem Thema. Das hat mir einfach mega gefehlt vorher. Und es war schön, auch mal wieder in einem Team zu arbeiten und nicht alles alleine entscheiden zu müssen. Das war eine recht große Motivation für mich.“

Gruppendynamik und thematisches Interesse schienen sich auch niedrigschwellig wechselseitig zu verstärken, wie eine Mitorganisatorin der Fulda-Kampagne berichtete. Nachdem sie mit Freundinnen gemeinsam Lichter gezählt hatte, achteten sie bewusster auf Lichter und Beleuchtung. „Das Thema Lichtverschmutzung kommt jetzt immer mal wieder auf. Oder wenn man jetzt über den Weihnachtsmarkt läuft, kommt von Freundinnen auch manchmal der Kommentar ‚hier, das wäre jetzt blau-weißes Licht, besonders hell.““ Die App-Kategorien würden auf eine „lustige Art und Weise“ auch jenseits der Zählaktion weiter angewandt.

Gruppendynamik trug auch maßgeblich zu Kampagnenerfolgen bei, wie oben bereits beschrieben. Dies zeigte sich deutlich in Köln, wo ein Führungsteam der Unteren Naturschutzbehörde erst nach Beginn der *Nachtlichter*-Kampagne eine Messaktion startete, hierfür ein beachtliches Momentum unter den Mitarbeitenden erzeugte und so in

kürzester Zeit eine Vielzahl kleinerer Messgebiete auszählte. Selbst die Zählungen in der lichtdurchfluteten Innenstadt konnten so erfolgreich abgeschlossen werden.

Die positive Auswirkung solcher Gruppendynamik tritt auch deutlich zutage, wo sie fehlt. So berichten Kampagnenorganisatorinnen und -organisatoren, dass sie die fehlende Resonanz aus bestehenden Netzwerken gestört oder demotiviert habe. In diesen Fällen konnte das hochmotivierte Kernteam ein Gegengewicht bieten.

An dieser Stelle sei daran erinnert, dass die Pandemie vielleicht nicht das Projekt als Ganzes, aber in jedem Fall das soziale Miteinander einschränkte. Trotz zweijähriger Zusammenarbeit haben sich einige Mitglieder des Kernteams nie live getroffen. Andererseits beschrieben die Mitforschenden die gemeinsamen abendlichen Spaziergänge zu Lockdown-Zeiten als willkommene Abwechslung. Feste Treffpunkte, von wo aus wir in verschiedene Richtungen ausschwärmten, um Lichter zu zählen, brachten die lokalen Kampagnen entscheidend voran. So berichtet eine Kampagnenorganisatorin, die festen Treffpunkte seien „total wichtig“ gewesen. „Das Soziale“, fand sie „sehr schön. Wie eine große Familie.“

Die Pandemie hat diese soziale Komponente sicherlich beeinträchtigt. Eine Mitforschende aus dem Kernteam erinnert sich an ein größeres Zoom-Treffen, vermutlich das ‚Bergfest‘ zur Kampagnen-Halbzeit, während dessen sich die Teilnehmenden in kleinere Gruppen aufteilten bzw. in virtuelle *break-out rooms* verteilt wurden. Dort sei „zumindest ein paar Minuten“, Zeit gewesen, sich „ein bisschen kennenzulernen.“ Es sei toll gewesen, ein kleines bisschen ‚Miteinander-Zeit‘ gehabt zu haben für ein bisschen ‚Gequatsche‘, „bevor die ‚ernsten Themen‘ dran waren“ und thematische Punkte abgearbeitet wurden. In der Tat hat die Pandemie derartiges Kennenlernen zwischen und bei der gemeinsamen Arbeit vereitelt und doch hat sich gerade im Kernteam über die Monate und Jahre eine erstaunliche Vertrautheit eingestellt.

Projektdenken: Zwischen Erfolgs- und Pflichtgefühl

Bürgerwissenschaft steht und fällt mit der Bereitschaft der Beteiligten, sich aus eigener Motivation einzubringen, die Datenerhebung *gewissenhaft* durchzuführen und Projektziele bewusst im Auge zu behalten. Die Aussagen der Beteiligten in unserem Projekt zeigen, dass dieses Projektdenken nicht nur Pflicht war, sondern auch Erfolgsgefühle auslöste. In der Umsetzung berücksichtigten und beförderten wir diese Aspekte, indem wir die Zwischenergebnisse der Kampagne im Rahmen eines ‚Bergfests‘ feierten und Teamleistungen explizit wertschätzten. Zudem war die App so gestaltet, dass Zählerfolge für die Beteiligten sichtbar und nachvollziehbar waren. Zum Ende der Kampagne erhielten alle Mitforschenden, die mindestens 1.000 Lichter gezählt hatten, eine Urkunde, in der ihr Erfolg in Schrift und Zahl festgehalten war, mit Dank und Projektlogo.

Doch Anerkennung und Erfolg waren nicht die einzige treibende Kraft. Vielmehr scheinen viele die bürgerwissenschaftliche Aufgabe mit Verantwortungs- oder gar Pflichtgefühl durchgezogen zu haben. So stimmten 70% der Umfrage-TN voll oder überwiegend der Aussage zu: „Ich habe mich in der Pflicht gefühlt, das Zählgebiet komplett abzuschließen.“ Ein Organisator mit besonders hoher Einsatzbereitschaft berichtet, der Zeitaufwand sei zwar manchmal groß gewesen, er habe aber nie daran gezweifelt, dass er es durchziehen

werde, nachdem er die Aufgabe übernommen hatte. Ähnlich beschrieben es auch andere Kampagnenorganisatoren. „Für mich war klar: das ist jetzt diese Zwei-Monatsaktion, in der ich eben diese Organisatoren-Rolle habe...“ Eine anderer erklärt: „Ich bin kein Typ, der Angefangenes aufgibt.“ Weiter erklärt er, für ihn sei es spannend gewesen zu sehen, wie in der Wissenschaft mit ‚Amateuren‘ zusammengearbeitet und ein solches Projekt „aus dem Nichts“ aufgezogen und umgesetzt wird.

Auf der Ebene der Kampagnenorganisation ging es dabei einerseits darum, die Lichter in allen Messabschnitten zu zählen, und andererseits, dieses Ziel mit Hilfe einer ausreichend großen Zahl an motivierten Mitzählenden zu erreichen. Entsprechend erklärt ein Kampagnenorganisator, er habe seine Rolle „darin gehen, die intrinsische Motivation zu stärken“ und zu vermitteln, „dass es wichtig ist, dass Viele mitmachen.“

Die App-Gestaltung unterstützte die Zählmotivation zusätzlich. War ein Zählgebiet abgeschlossen, leuchtete es in Gelb – ohne jegliche blau-gefärbten Transekte. Damit unterstützte die App auch das Projektdenken der Beteiligten, weil blaue Farbe klar anzeigte, welche Messgebiete noch ausstanden, und gelb signalisierte, wo die Lichter bereits einmal ausgezählt waren. Teilnehmerinnen beschreiben das Umschlagen der Zählabschnitte von blau auf gelb als ein durchgehend befriedigendes Gefühl. Auf Twitter kursierten sogar Screenshots, welche den erfolgreichen Abschluss einzelner Messgebiete dokumentierten.

Zudem konnten App-User in ihrem App-Profil ihre persönliche Anzahl gezählter Lichter und Transekte sehen und mit den im gesamten Projekt erfassten Lichtern ins Verhältnis setzen. Diese Funktion hatten wir erst sehr spät hinzugefügt, weil wir selbst beim Zählen mit der App gemerkt hatten, dass uns diese persönliche Information interessierte und anspornte.

Interessanterweise scheiden sich in Sachen ‚Wettbewerb als Motivation‘ die Geister. Während einige Mitforschende berichten, dass sie ihre *lights scores* oder Zählstatistik gar nicht interessierten und sie die App lediglich nutzten, um zu sehen, wie viele Transekte in ihrem Messgebiet noch ausstanden, fragten andere explizit, wo sie in der Liste der Vielzählenden im Vergleich zu Mitforschenden standen. Ein App-Nutzer erklärte: „Ich bin ein kompetitiver Mensch, ich hätte es cool gefunden, wenn ich mich mit anderen hätte vergleichen können...“ Bei der App-Entwicklung hatten wir uns jedoch bewusst, auch aus Kostengründen, gegen ein spielerisches Gratifikationssystem in Form von „Vielzähler“ Statusanzeigen entschieden. Den Wettbewerb zwischen den App-User durch öffentliche Rangfolgen heizten wir *nicht* an, weil wir keine Alleingänge fördern wollten und viele ohnehin im Team Lichter zählten.

In der Nachbefragung stimmten drei Viertel der TN voll oder überwiegend zu, es habe sie „sehr motiviert, in der App zu sehen, wie viele Lichter und Straßenabschnitte schon erfasst sind“ (Abb. 22).

4. Fazit: Nach dem Zählen ist vor dem Zählen?

Das *Nachtlichter*-Projekt war ursprünglich darauf ausgelegt, mit dem Ende der Förderperiode durch die Helmholtz-Gemeinschaft (HGF) 2022 zu enden. Trotzdem haben ‚alte Hasen‘ und neue Mitforschende im Herbst 2023 wieder Lichter gezählt. Die Kampagne lief unter dem Titel „Zeit für die Nacht“ und wurde möglich durch eine erneute Förderung durch das BMBF im Wissenschaftsjahr 2023 – Unser Universum. Ziel der Kampagne war es herauszufinden, wie sich die Nutzung der Beleuchtung im Laufe des Abends und der Nacht verändert. Diese Frage ist relevant für Umweltschutz und Gesellschaft. Denn nachdem Nacht- und Naturschützer seit Jahren für Abschaltungen werben, haben die Energiesparmaßnahmen im Kontext des Ukraine-Krieges gezeigt, dass phasenweise Abschaltungen künstlicher Beleuchtung durchaus möglich sind (Bundesregierung 2023). Entsprechend wollten wir dokumentieren, wie viele Unternehmen und Kommunen spätabends ihre Leuchtreklame ausschalten und lokale Unterschiede identifizieren. Die Auswertung läuft noch und die Daten fließen auch in die Analyse der 2021 Erhebung mit ein. Darüber hinaus haben Mitglieder unserer Gruppe Nachtspaziergänge mit institutionellen Kooperationspartnern wie „Wissenschaft im Dialog“ und im Rahmen der Veranstaltung „Universe on Tour“ durchgeführt. Zudem halten wir weiterhin Vorträge über das *Nachtlicht*-BÜHNE Projekt, die App-Entwicklung und die *Nachtlichter*-Kampagnen. Abschließend fassen wir zusammen, was aus unserer Sicht die Nachhaltigkeit unserer bürgerwissenschaftlichen Projektarbeit befördert hat.

4.1. Drei Beobachtungen zu nachhaltiger partizipativer Forschung

Dass sich einzelne Personen bereits seit vier Jahren im *Nachtlichter*-Projekt engagieren, ist ein Indiz dafür, dass das Projekt die ehrenamtlich Mitforschenden nachhaltig binden und begeistern konnte. Die folgenden Beobachtungen fassen die aus unserer Sicht zentralen Erkenntnisse unserer gemeinsamen Arbeit und oben ausgeführten Prozessreflexion noch einmal in drei Punkten zusammen. Wir wählen bewusste allgemeinere Formulierungen, um unsere Erfahrungen für andere Bürgerwissenschaftsteams zugänglich zu machen.

Einbindung auf Augenhöhe macht Bürgerwissenschaft nachhaltig

Ein entscheidendes Erfolgsrezept von Bürgerwissenschaft ist aus unserer Sicht, dass Mitforschende im Einklang mit ihren persönlichen Interessen und Motivationen selbstständig Aufgaben und Verantwortung übernehmen können – nach dem Motto ‚alles kann, nichts muss‘. Eine solche Zusammenarbeit auf Augenhöhe ist auch allein deshalb geboten, da die sogenannten Laien, die in Bürgerwissenschaftsprojekten mitforschen, überwiegend selbst akademisch gebildet sind (Paleco u. a. 2021). Das ist auch im *Nachtlichter*-Teilprojekt der Fall, wie unsere Umfrage zeigte. Entsprechend folgerichtig ist es, dass Mitforschende verantwortungsvolle Aufgaben übernehmen, insofern sie ehrenamtlich Lust darauf haben.

Im *Nachtlichter*-Projekt präsentieren Mitforschende die gemeinsamen Projekterfahrungen und -ergebnisse regelmäßig auf öffentlichen Veranstaltungen und wissenschaftlichen Konferenzen wie dem Forum Citizen Science oder der Artificial Light at Night (ALAN)

Konferenz (Anhang 3). Andere beteiligen sich an der Auswertung der *Nachtlichter*-Daten oder der in diesem Bericht präsentierten Nachbefragung. Ein künstlerisch interessiertes Teammitglied startete ein kleines Filmprojekt. Auch wenn der Clip schlussendlich nicht fertiggestellt wurde, haben wir alle beim Dreh dazugelernt und auch Spaß bei der Sache gehabt.

Wir haben beobachtet, dass sichtbare Projekterfolge, gegenseitige Anerkennung und Freiräume für Kreativität und Eigeninitiative den Projektbeteiligten das berechtigte Gefühl geben, dass es tatsächlich auf sie ankommt. Dabei ist der Übergang zur Selbstaubeutung oft fließend. Dies betrifft insbesondere diejenigen, deren Motivationsmuster stark durch Projektdenken und soziale Dynamiken motiviert sind. Eine aufmerksame Projektleitung und Teamkommunikation können dem entgegenwirken: ‚Alles kann, nichts muss!‘

Um die Neugierigen und thematisch Interessierten nachhaltig zu motivieren sind außerdem Möglichkeiten zum selbstbestimmten Mitforschen und Lerneffekte wichtig. Wer sich an Bürgerwissenschaft beteiligt, kann eine Menge über die Sache lernen – in unserem Fall nachhaltige Beleuchtung, Lichtverschmutzung und ihre möglichen Folgen. Darüber hinaus können Beteiligte in Bürgerwissenschaftsprojekten persönliche Erfahrungen in Teamkommunikation und -führung sammeln oder ausweiten und sie erfahren beim Mitforschen aus nächster Nähe, wie Wissenschaft funktioniert, inklusive unausweichlicher Enttäuschungen und glücklicher Erfolgsmomenten. Nicht zuletzt befördert gemeinsame Projektarbeit auf Augenhöhe nachhaltige Netzwerke von Menschen, die gemeinsame Interessen und Erfahrungen teilen. Im *Nachtlichter*-Projekt eint die Projektbeteiligten eine Vorliebe für dunkle Nächte und damit verbundene Interessen an Sternenbeobachtungen und Naturschutz. Das Projekt hat die Beteiligten zusätzlich für gesellschaftspolitische Fragen des Schutzes der Nacht und für nachhaltige Beleuchtung sensibilisiert. Dank unseres Bürgerwissenschafts-Netzwerks haben *Nachtlichter*-Beteiligte einen direkten Draht zu Mitforschenden, die bereits seit Jahren in Sachen Nachtschutz politisch aktiv sind und ihre Erfahrungen und Argumente gerne teilen.

Breite Einbindung von Mitforschenden lohnt sich doppelt

Die Vielfalt der Beteiligten in Bürgerwissenschaftsprojekten trägt nach unseren Erfahrungen und allgemeinen Erkenntnissen zur Qualität und gesellschaftlichen Relevanz von Forschungsfragen bei (Irwin 1995). Das ist ein zentrales Argument dafür, Menschen aus unterschiedlichen Alters- und Bevölkerungsgruppen, mit verschiedenen Bildungshintergründen, beruflichen Perspektiven und Lebenserfahrungen einzubinden (Bonn u. a. 2016; Vohland u. a. 2021). Auch mit Blick auf Technologieentwicklung ist schon lange bekannt, dass die frühe Einbindung von Techniknutzerinnen und -nutzern Instrumente und technologische Anwendungen entscheidend verbessern kann (von Hippel 1976). Denn disziplinär geschulte Wissenschaftsteams sind selten in der Lage, die Vielfalt gesellschaftlicher Perspektiven und Belange aus ihrer speziellen Forschungssicht komplett zu erfassen. Es lohnt sich daher, auf die Beteiligten selbst zu hören. Dies bestätigte sich auch bei der Entwicklung unseres Datenerhebungsinstruments, der *Nachtlichter*-App.

Bei der Einteilung von Lichtertypen in App-Kategorien war es zentral, dass Mitforschende ohne Vorerfahrung mit Licht und Beleuchtung immer wieder testeten, welche Kategorien

intuitiv verständlich und welche Zählweisen praktikabel waren. Eine App-Mitentwicklerin mit körperlichen Einschränkungen gab wichtige Hinweise, um unser Datenerhebungsinstrument für Menschen mit Behinderung zugänglicher zu machen.

Die *Nachtlichter*-Kampagnen lebten auch in anderer Hinsicht von der Vielfalt der Mitforschenden und zwar nicht nur mit Blick auf soziodemografische Merkmale wie Alter, Geschlecht und Bildung, sondern auch mit Blick auf Motivationsmuster. Wie das Umfrage-Feedback zeigt, zählten die einen aus sozialen Gründen in Teams, während andere intrinsisch motiviert zum Schutz der Nacht künstliche Lichter dokumentierten. Während die einen auf ihr Kampagnenziel hinarbeiteten, engagierten sich andere aus Neugier im Projekt.

Wir sehen daher einen doppelten Vorteil in diverser Beteiligung. Zum einen fordern diverse Perspektiven Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler heraus, ihre einstudierten Sichtweisen zu hinterfragen und gesellschaftliche Belange mit einzubeziehen. Dieses *qualitative* Argument spricht für bürgerwissenschaftliche Forschung allgemein. Zum anderen zeigte sich während unserer Kampagnen, dass Menschen über unterschiedliche Wege zum Projekt kamen und diese Einbindungspfade auch mit unterschiedlichem Datenerhebungsverhalten einhergingen. So zeigt die Nachbefragung, dass Menschen die als Freundinnen und Freunde, Familie oder Bekannte mitforschten, tendenziell weniger oft Lichter zählten als Mitforschende, die auf eigene Initiative zum Projekt kamen. *Beide* Gruppen trugen entscheidend dazu bei, dass die Anzahl gezählter Lichter unsere Erwartungen übertraf. Dieses *quantitative* Argument spricht für Vielfalt als Erfolgskriterium bürgerwissenschaftlicher Datenerhebung. Vielfalt und heterogene Mitforschende für bürgerwissenschaftliche Projekte zu gewinnen, bleibt dennoch eine Herausforderung – und eine enorme Kommunikationsaufgabe.

Bürgerwissenschaft lebt von (Wissenschafts)kommunikation

Nachhaltige Bürgerwissenschaftsnetzwerke, Wissenstransfer und Team-Kommunikation auf Augenhöhe passieren nicht einfach so, sondern erfordern Aufmerksamkeit und hohes Engagement seitens der Projektkoordination und -leitung. Unseren Erfahrungen nach sind die Ressourcen für diese Kommunikationsarbeit meist zu knapp bemessen. In unserem Projekt lobten Mitforschende zwar die gute Team- und Gruppenatmosphäre, die maßgeblich über E-Mails und in virtuellen Treffen hergestellt wurde. Allerdings gab es auch Kritik von besonders Forschungsinteressierten, die gerne noch mehr wissenschaftliche Hintergrundinformationen erhalten hätten und ein Diskussionsforum für intensiveren fachlichen Austausch begrüßt hätten. Auch eine Projektmanagementplattform wäre hilfreich gewesen, um punktuell Mitforschenden die Möglichkeit zu bieten, sich jederzeit über den Stand des Projekts zu informieren und neu einzusteigen. Allein die Ressourcen fehlten, um diesen Wünschen gerecht zu werden.

Angesichts der angestrebten Vielfalt in Bürgerwissenschaftsprojekten wird die Kommunikationsaufgabe nicht kleiner. Umso wichtiger sind angemessene Kommunikationsbudgets, mit denen sich Wissenstransfer für unterschiedliche Zielgruppen umsetzen und niederschwellige Kommunikationsinfrastrukturen für alle Beteiligten einrichten lassen. Falls die Ressourcen hierfür nicht zur Verfügung stehen, lohnt es sich, die

Kommunikationsaufgaben transparent und ohne Erfolgsdruck auf Multiplikatorinnen und Multiplikatoren zu verteilen. In dieser Hinsicht leisteten während der *Nachtlichter*-Kampagnen 2021 die Kampagnen-Organisationsteams beeindruckende Kommunikations- und Motivationsarbeit.

4.2. Dank und Ausblick

Zum Abschluss möchten wir als Autorinnen- und Autorenteam noch einmal allen danken, die dem Projekt über lang oder kurz, nur ein bisschen oder sehr intensiv verbunden waren und sind. Jeder und jede Einzelne hat ein Stück dazu beigetragen, dass wir eine App entwickelt, Lichter gezählt und die nächtliche Dunkelheit genossen haben und hoffentlich noch lange genießen werden. Für die *Nachtlichter*-App wünschen wir uns, dass sie noch viele Nutzerinnen und Nutzer zum Lichter-Zählen inspiriert und eine langfristige institutionelle Heimat findet, wenn die Projektförderung ausläuft.

5. Referenzen

- Barentine, John C. 2023. „Artificial Light at Night: State of the Science 2023“. *Zenodo*. doi.org/10.5281/zenodo.8071915.
- Barentine, John C., František Kundracik, Miroslav Kocifaj, Jessie C. Sanders, Gilbert A. Esquerdo, Adam M. Dalton, Bettymaya Foott, Albert Grauer, Scott Tucker, und Christopher C. M. Kyba. 2020. „Recovering the City Street Lighting Fraction from Skyglow Measurements in a Large-Scale Municipal Dimming Experiment“. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* 253 (September): 107120. doi.org/10.1016/j.jqsrt.2020.107120.
- Blaeschke, Frédéric, und Hans-Werner Freitag. 2021. „Datenreport 2021“. 3 Bildung. Bonn. www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Bildungsstand/inhalt.html, letzter Zugriff Nov. 2023.
- Bonn, Aletta, Anett Richter, Kathrin Vohland, und Lisa Pettibone. 2016. *Grünbuch Citizen Science Strategie 2020 für Deutschland*. Berlin: Projekt „Bürger schaffen Wissen - Wissen schafft Bürger“ (GEWISS). www.buergerschaffenwissen.de/sites/default/files/assets/dokumente/gewiss-gruenbuch_citizen_science_strategie.pdf, letzter Zugriff Nov. 2023.
- Bundesregierung. 2023. „Energiesparmaßnahmen verlängert“. *Die Bundesregierung informiert*. 16. Feb. 2023. www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/energiesparmassnahmen-2078224, letzter Zugriff Nov. 2023.
- European Commission. 2013. „Lighting the Cities. Accelerating the Deployment of Innovative Lighting in European Cities“. Luxembourg.
- European Parliament. 2020. „Parliamentary Question: EU Biodiversity Strategy for 2030: The Issue of Light Pollution“. E-005515/2020. Brussels: European Parliament. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-9-2020-005515_EN.html.
- Gokus, Andrea, Andreas Hänel, Andreas Ruby, Arne Dröge-Rothaar, Brita Küchly, Christopher C.M. Kyba, Daniel Fischer, u. a. 2023. „The Nachtlichter app: a citizen science tool for documenting outdoor light sources in public spaces“. *International Journal for Sustainable Lighting*, Nr. im Erscheinen. <https://lightingjournal.org>.
- Held, Martin, Franz Hölker, und Beate Jessel, Hrsg. 2013. *Schutz der Nacht - Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft: Grundlagen, Folgen, Handlungsansätze, Beispiele guter Praxis*. BfN-Skripten 336. Bonn: Bundesamt für Naturschutz, BfN.
- Henckel, Dietrich. 2013. „Es werde Licht ... und es wurde Licht – künstliche Beleuchtung und die Kolonisierung der Nacht“. In *Schutz der Nacht - Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft: Grundlagen, Folgen, Handlungsansätze, Beispiele guter Praxis*, herausgegeben von Martin Held, Franz Hölker, und Beate Jessel, 30–34. BfN-Skripten 336. Bonn: Bundesamt für Naturschutz, BfN.
- Hippel, Eric von. 1976. „The dominant role of users in the scientific instrument innovation process“. *Research Policy* 5 (3): 212–39. doi.org/10.1016/0048-7333(76)90028-7.
- Irwin, Alan. 1995. *Citizen Science: A Study of People, Expertise, and Sustainable Development*. New York: Routledge.
- Kaiser, U., K. T. Möbius, und T. Klages. 2019. „6.1.3 Chancen und Herausforderungen von Kooperationen zwischen Forschungseinrichtungen und bürgerwissenschaftlichen Initiativen am Beispiel des Forschungsprojektes ‚CitizenSensor‘“. In *Tagungsband*, 469–75. Nürnberg, Germany: AMA. doi.org/10.5162/sensoren2019/6.1.3.

- Kyba, Christopher C. M., Yiğit Öner Altıntaş, Constance E. Walker, und Mark Newhouse. 2023. „Citizen scientists report global rapid reductions in the visibility of stars from 2011 to 2022“. *Science* 379 (6629): 265–68. doi.org/10.1126/science.abq7781.
- Kyba, Christopher C. M., Theres Kuester, Alejandro Sánchez de Miguel, Kimberly Baugh, Andreas Jechow, Franz Hölker, Jonathan Bennie, Christopher D. Elvidge, Kevin J. Gaston, und Luis Guanter. 2017. „Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent“. *Science Advances* 3 (11): e1701528. doi.org/10.1126/sciadv.1701528.
- Kyba, Christopher C. M., und Nona Schulte-Römer. 2021. „Nachtlichter App - Webinar“. Potsdam. www.youtube.com/watch?v=qACmiwkwZ78, letzter Zugriff Nov. 2023.
- Melbin, Murray. 1978. „Night As Frontier“. *American Sociological Review* 43 (1): 3–22. doi.org/10.2307/2094758.
- Nowotny, Helga. 2008. „Die kulturelle Vielfalt der Neugier“. *Merkur*, Nr. Doppelheft, 712-713: 840–47.
- Paleco, Carole, Sabina García Peter, Nora Salas Seoane, Julia Kaufmann, und Panagiota Argyri. 2021. „Citizen science in the digital world of apps“. In *The Science of Citizen Science*, herausgegeben von Katrin Vohland u.a., 261–82. Cham: Springer. doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4.
- Schroer, Sibylle, und Franz Hölker. 2018. „Auswirkung der Lichtverschmutzung auf Fauna und Flora“. doi.org/10.48440/GFZ.1.4.2020.003.
- Schröter-Schlaack, Christoph, Christoph Revermann, und Nona Schulte-Römer. 2020. „Lichtverschmutzung – Ausmaß, gesellschaftliche und ökologische Auswirkungen sowie Handlungsansätze. Endbericht zum TA-Projekt“. 2020. doi.org/10.5445/IR/1000121964.
- Schulte-Römer, Nona. 2022. „Trügerische Sicherheit. Anregung, altbekannte Lichtbedürfnisse neu zu durchleuchten“. Herausgegeben von Dietrich Henckel und Josiane Meier. *Forum Stadt* 49 (3): 279–93.
- Science for Environmental Policy. 2023. „Light Pollution: Mitigation measures for environmental protection“. Produced for the European Commission DG Environment 28. *Future Brief*. Bristol: Science Communication Unit, University of the West of England (UWE). ec.europa.eu/science-environment-policy, letzter Zugriff Nov. 2023.
- Vohland, Katrin, Anne Land-zandstra, Luigi Ceccaroni, Rob Lemmens, Josep Perelló, Marisa Ponti, Roeland Samson, und Katherin Wagenknecht, Hrsg. 2021. *The Science of Citizen Science*. Springer Nature. doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4.
- Zschorn, Maria, und Janina Mattern. 2023. „Counting Lights for Sustainability – Insights from the Citizen Science Project Nachtlicht-BühNE“. In *Proceedings of Austrian Citizen Science Conference 2022 — PoS(ACSC2022)*, 003. Dornbirn, Austria: Sissa Medialab. doi.org/10.22323/1.407.0003.

6. Anhang – siehe Supplement unter doi.org/10.48440/gfz.b103-23036

Anhang 1: Fragebogen und Rücklaufstatistik

Anhang 2: Infolyer *Nachtlichter*-Kampagnen 2021

Anhang 3: Vorträge von ehrenamtlich Mitforschenden und Medienberichte

Anhang 4: Checkliste und Info für Kampagnen-Organisationsteams



ISSN 2190-7110