

Abschlussbericht des Verbundvorhabens

PeopleSuN: Optimierung von Off-Grid Energieversorgungssystemen in Nigeria-
Teilvorhaben Datenerfassung- und weiterverarbeitung; Stromnachfrage und
Zahlungsbereitschaft

Teil I: Kurzbericht

Reiner Lemoine Institut gGmbH

Autor*innen: Clara Neyrand, Dr. Philipp Blechinger

Förderkennzeichen: 03SF0606A

CLIENT II – Verbundvorhaben PeopleSuN: Optimierung von Off-Grid
Energieversorgungssystemen in Nigeria

Teilvorhaben Datenerfassung- und weiterverarbeitung; Stromnachfrage und
Zahlungsbereitschaft

Berichtszeitraum: 01.01.2022- 31.12.2024

*Die Verantwortung für die Inhalte dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor*innen*

1. Ursprüngliche Aufgabenstellung sowie wissenschaftlicher und technischer Stand

Das vom BMBF geförderte Projekt *PeopleSuN* zielte darauf ab, die nachhaltige Elektrifizierung ländlicher Räume in Nigeria zu unterstützen. Der Fokus des Teilvorhabens des Reiner Lemoine Instituts (RLI) lag auf der Erhebung und Analyse empirischer Daten zur Stromnachfrage, der Modellierung realitätsnaher Lastprofile sowie der Entwicklung anwendungsfreundlicher, offener Tools für Planung und Auslegung von Off-Grid-Systemen.

Bislang fehlten in der Region belastbare, öffentlich zugängliche Datensätze zum realen Energiebedarf und zur Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung. Vorhandene Modelle (z. B. von IEA oder Weltbank) basierten meist auf generischen Annahmen, waren nicht frei verfügbar oder berücksichtigten keine lokalen sozialen und kulturellen Kontexte. *PeopleSuN* setzte hier an, mit einem transdisziplinären, partizipativen Ansatz.

2. Ablauf des Teilvorhabens

Das RLI übernahm in *PeopleSuN* die Koordination mehrerer Arbeitspakete:

- **Stakeholderprozess (AP1):** Aufbau und Pflege eines Netzwerks aus Regierungsstellen, NGOs, Forschungseinrichtungen und Unternehmen in Nigeria; Durchführung von Workshops, Interviews und Stakeholderevents (u. a. in Abuja und München).
- **Datenerhebung (AP2):** Durchführung einer der umfassendsten ländlichen Energieerhebungen in Nigeria: 3.600 Haushalte und 1.125 Unternehmen wurden zu Energiezugang, Nutzung und Präferenzen befragt. Zusätzlich erfolgten qualitative Erhebungen in sechs Dörfern mit Fokus auf soziale und geschlechterspezifische Einflussfaktoren.
- **Modellierung (AP3):** Weiterentwicklung des Tools **RAMP** zur stochastischen Lastprofilmodellierung auf Basis der erhobenen Daten. Parallel Analyse der Zahlungsbereitschaft mittels Choice-Experiment.
- **Toolentwicklung & Verwertung (AP4 & AP6):** Mit Partnern wurde das webbasierte Planungstool **Offgridplanner** entwickelt und in 12 Fallstudien erprobt. Schulungen, eine Fall School und der **Practitioner's Guide** unterstützten die Verwertung.

Trotz Herausforderungen wie COVID-19 und Sicherheitslagen in Niger verlief das Teilvorhaben erfolgreich und wurde 2023 um zusätzliche Maßnahmen ergänzt.

3. Wesentliche Ergebnisse

- **Empirische Grundlage:** Zwei offene, öffentlich zugängliche Datensätze zu Energieverbrauch und -bedürfnissen in ländlichem Nigeria (quantitativ und qualitativ).
- **Open-Source-Tools:**
 - **RAMP:** Modell zur realitätsnahen Simulation von Stromnachfrageprofilen.

- **Offgridplanner:** Webanwendung zur Planung von Mini-Grids, inkl. Bedarfsanalyse, Netzoptimierung und Systemauslegung von Solar Home Systemen und Solar Mini- Grids
- **Transfer & Nutzung:**
 - Anwendung in 12 Fallstudiengemeinden in Nigeria.
 - Schulungen für Regierungsstellen, Projektentwickler*innen und Forschende.
 - Einsatz der Ergebnisse in internationalen Projekten (z. B. WASCAL-Region, Thailand, Mosambik).
- **Wissenschaftliche Beiträge:**
 - **RLI-PeopleSuN Energy Audits (RLI-PSN): Household and enterprise energy supply, use and preference data from rural Nigeria** (Quantitativer Datensatz): <https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/GTNEJD>
 - **Electricity supply quality and use among rural and peri-urban households and small firms in Nigeria** (Open-Access-Publikation in „Nature Scientific Data“ (2023)): <https://www.nature.com/articles/s41597-023-02185-0>
 - **Qualitative Insights on Gender-Specific Energy Needs and Appliance Preferences in Nigerian Communities”** (Qualitativer Datensatz): <https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/GYDWW1>
 - **Willingness to Pay for an Electricity Connection: A Choice Experiment Among Rural Households and Enterprises in Nigeria** (Publication (under submission)): <https://arxiv.org/abs/2407.15757>
 - **Data-driven standardized electricity demand profiles for households and enterprises in rural and peri-urban Nigeria** (Working Paper, will be submitted for publication in 2025): https://reiner-lemoine-institut.de/wp-content/uploads/2025/06/Data_driven_standardized_electricity_demand_profiles_for_households_and_enterprises_in_rural_and_peri-urban_nigeriaNigeria.pdf
 - **Practitioner’s Guide - Optimizing off-grid electricity supply systems in Nigeria (2024):** https://reiner-lemoine-institut.de/wp-content/uploads/2024/12/reiner_lemoine_institut-people_sun-practitioners_guide-2024.pdf
 - **Präsentationen auf internationalen Konferenzen:**
 - 4th S@ccess Conference in Palma de Mallorca, 26.-28.4.2023,
 - Intersolar Konferenz in München, 12.-17.Juni 2023
 - Open Source for Energy Access Symposium in Abuja, 7.-10. Mai 2025

Client II – PeopleSuN 03SF0606A

- INNOVATE4CLIMATE (I4C), von der World Bank organisiert, Berlin, 10-12.9.2024



Abschlussbericht des Verbundvorhabens

PeopleSuN: Optimierung von Off-Grid Energieversorgungssystemen in Nigeria-

Teilvorhaben Datenerfassung- und weiterverarbeitung; Stromnachfrage und
Zahlungsbereitschaft

Teil II: Eingehende Darstellung

Reiner Lemoine Institut gGmbH

Autor*innen: Clara Neyrand, Dr. Philipp Blechinger

Förderkennzeichen: 03SF0606A

CLIENT II – Verbundvorhaben PeopleSuN: Optimierung von Off-Grid
Energieversorgungssystemen in Nigeria

Teilvorhaben Datenerfassung- und weiterverarbeitung; Stromnachfrage und
Zahlungsbereitschaft

Berichtszeitraum: 01.01.2022- 31.12.2024

*Die Verantwortung für die Inhalte dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor*innen*

1. Einleitung

Der Zugang zu nachhaltiger Energieversorgung ist ein zentrales Ziel der Agenda 2030 der Vereinten Nationen (Sustainable Development Goal 7 – SDG7) und bildet die Grundlage für verbesserte Bildung, Gesundheitsversorgung, Lebensbedingungen sowie wirtschaftliche Entwicklung. In Afrika südlich der Sahara bleibt die Erreichung dieses Ziels jedoch eine große Herausforderung: Über 600 Millionen Menschen haben keinen Zugang zu Elektrizität. Besonders betroffen ist Nigeria – mit über 200 Millionen Einwohner*innen das bevölkerungsreichste Land Afrikas und zugleich seine größte Volkswirtschaft. Dennoch ist die Stromversorgung dort stark unterentwickelt und unzuverlässig. Vor allem ländliche Regionen weisen mit nur 41 Prozent eine niedrige Elektrifizierungsrate auf. Die nationale Strategie setzt daher verstärkt auf den Ausbau dezentraler Off-Grid-Systeme auf Basis Erneuerbarer Energien, um die ambitionierten Ziele einer Elektrifizierungsrate von 90 Prozent und eines Erneuerbaren-Anteils von 30 Prozent bis 2030 zu erreichen. Ein zentrales Hindernis für den Ausbau solcher Systeme sind fehlende verlässliche Daten zur tatsächlichen Stromnutzung und Zahlungsfähigkeit potenzieller Nutzer*innen, unzureichende technische Planungsinstrumente sowie wirtschaftlich tragfähige Geschäftsmodelle.

Genau hier setzte das Forschungsprojekt People Power: Optimizing Off-Grid Electricity Supply Systems in Nigeria (PeopleSuN) an. Das Vorhaben wurde im Zeitraum von 2020 bis Ende 2024 im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme CLIENT II – Internationale Partnerschaften für nachhaltige Innovationen durchgeführt. Ziel des Projekts war es, evidenzbasierte Planungsinstrumente für die nachhaltige Elektrifizierung ländlicher Räume in Nigeria zu entwickeln. Unter Federführung des Reiner Lemoine Instituts (RLI) arbeiteten deutsche und afrikanische Partner gemeinsam daran, offene, robuste und anwendungsfreundliche Tools zu schaffen, die eine realitätsnahe Abbildung von Energiebedarf in den diversen Kontexten innerhalb Nigerias ermöglichen.

Das RLI war in seinem Teilvorhaben für die Arbeitspakete (AP) 1 (Stakeholderprozess), AP 2 (Datenerhebung), AP 3 (Modellierung Strombedarf & Zahlungsfähigkeit) sowie AP 6 (Verwertung & Fallstudien) zuständig. Zentrales Anliegen des Teilvorhabens war es, empirische Daten zur tatsächlichen Stromnutzung in bislang unterversorgten ländlichen Regionen zu erheben, nutzerzentrierte Modellierungsmethoden zu entwickeln und diese in konkrete Fallstudien und Trainingsformate zu überführen. Dabei sollten die entwickelten Werkzeuge insbesondere auch lokalen und internationalen Unternehmen helfen, realistische Bedarfsprognosen zu erstellen, wirtschaftlich tragfähige Modelle zu entwerfen und Investitionen in den Off-Grid-Sektor zu erleichtern.

Im Folgenden wird der Projektverlauf entlang der Arbeitspakete dargestellt.

2. Ausführliche Darstellung der im Rahmen des TVBs durchgeführten Arbeiten (im Vergleich zur ursprünglichen Vorhabensbeschreibung)

AP 1: Stakeholderprozess und Koordination

Das RLI koordinierte gemeinsam mit den internationalen Partnern ein intensives Stakeholder-Mapping und -Engagement in Nigeria. Bereits im Definitionsprojekt 2019 wurden relevante Akteure aus Regierung, Forschung, Privatwirtschaft und Zivilgesellschaft identifiziert, diese wurden stets erweitert, so dass zum Abschluss des Projekts eine umfangreiche Liste an relevanten Stakeholdern inklusive deren Kontaktdaten existiert.

Ein zentrales Element für dieses Arbeitspaket war die Organisation und Durchführung mehrerer Stakeholderformate, die dem bilateralen und multilateralen Austausch dienten. Die zentralsten Ereignisse sind im Folgenden aufgeführt:

- Ein erster Partner-Workshop im November 2020 ermöglichte eine erste gemeinsame Standortbestimmung, Vorstellung der Projektziele und Prioritätenabstimmung.
- Im Jahr 2021 wurden in den inhaltlichen Arbeitspaketen (AP 2,3,4 und 5) insgesamt 36 semistrukturierte Interviews mit lokalen Expert*innen und anderen Stakeholdern aus der Wissenschaft, Zivilgesellschaft, Finanzsektor, Regierung und dem Privatsektor geführt. Hierdurch erhielt das deutsche Konsortium einerseits umfassendes feedback zu der Entwicklung der quantitativen und qualitativen Forschungsmethoden sowie zu den Arbeiten an den Tools.
- Im Juni 2021 folgte der virtuelle Workshop mit dem deutschen Konsortium sowie den nigerianischen assoziierten Partner zum Thema: „Research for SDG 7 – Stakeholder Exchange and Networking“, in dem verschiedene Perspektiven aus Politik, Praxis und Wissenschaft auf Energiearmut und Elektrifizierungsoptionen präsentiert und diskutiert wurden.
- Im Jahr 2022 war ein physisches Treffen und Workshop für alle deutschen Konsortialpartner und die nigerianischen assoziierten Partner in Nigeria geplant. Darüber hinaus war es vorgesehen, auch weitere stakeholder aus dem Energie- und Stromsektor in Nigeria einzuladen, um das Projekt bekannt zu machen, Synergien zu schaffen und sicherzustellen, dass die Projektaktivitäten an den lokalen Kontext angepasst sind. Zu dieser Veranstaltung hatten 20+ externe Stakeholder ihre Teilnahme bestätigt, der Konferenzort in Abuja war mit Unterstützung des assoziierten Partners Clean Technology Hub organisiert und gebucht worden, Anreise und Übernachtung aller deutschen und lokalen Partner war ebenfalls geplant und gebucht. Leider musste die Reise jedoch kurzfristig zwei Tage vorher aufgrund von erhöhten und akuten Sicherheitswarnungen durch das Auswärtige Amt in Abuja abgesagt werden.
- Im Juni 2023 fand ein dreitägiger Workshop in Bayern (Deutschland) statt. Von den nigerianischen assoziierten Partnern waren Vertreter*innen von Clean Tech Hub, Creeds, Rural Electrification Agency (REA), und der Covenant University anwesend. Das deutsche Konsortium war komplett vertreten. Es wurden Projektergebnisse, Lessons Learned, eingehende Darstellung und Anwendungsmöglichkeiten der Tools und Möglichkeiten der Verstetigung diskutierten. Darüber hinaus fand in diesem Rahmen eine Expert*innendiskussion zum Thema gender Gleichheit im Energiesektor in Nigeria statt.

- Im Anschluss an die Workshop-Tage nahm das Projektteam an der Intersolar Konferenz teil: Der Repräsentant der Rural Electrification Agency (REA) (Dr. Kabir Salihu) gab eine Keynote in der Eröffnungsveranstaltung. Das PeopleSuN Projektteam Ifeoma Malo (CTH), Ruth Atsegbua-Mohammed (Creeds Energy), Maria Yetano (Wuppertal Institut) and Narges Chinichian (RLI) stellten die Projektergebnisse zudem in einer Session vor, die von Dr. Philipp Blechinger (RLI) moderiert wurde. Die Intersolar Konferenz und Messe war insbesondere für die nigerianischen Partner eine exzellente Gelegenheit, sich zu vernetzen.
- Des Weiteren veranstalteten wir im Jahr 2023 ein Stakeholder- und Vernetzungsevent und eine Reihe von Trainings in Abuja, Nigeria: Am Montag, den 16. Oktober 2023, luden wir Interessenvertreter*innen der Regierung, des privaten Sektors, der Wissenschaft und von NGOs zu unserer abschließenden Veranstaltung des PeopleSuN-Projekts ein, die wir "SDG 7 Deep Dive: Angewandte Forschung zur Verbesserung der Elektrifizierungsbemühungen in Nigeria" nannten. Ziel der Veranstaltung war es, unsere Forschungsergebnisse und entwickelten Werkzeuge einer breiten Palette von Akteuren vorzustellen, damit sie auch über die Projektdauer hinaus genutzt werden. Das Event traf auf enorm hohes Interesse: Ursprünglich hatten wir gehofft, dass 30 Personen teilnehmen würden, und wir hatten fast 60 Teilnehmer aus dem Strom-und Energiesektor in Nigeria. Im Zuge des Events wurde auch ein World Café durchgeführt, bei dem sich alle Teilnehmenden zu den verschiedenen Projektergebnissen austauschen konnten.
- Darüber hinaus gab es diverse bilaterale virtuelle Treffen mit dem GIZ/NESP Team in Abuja, der Rural Electrification Agency sowie lokalen und internationalen Projektentwicklern, um die Ergebnisse vorzustellen, neue Bedarfe zu identifizieren, Synergien zu erkennen und Doppelstrukturen zu vermeiden.

Diese Veranstaltungen stärkten die Relevanz, Sichtbarkeit und Verankerung des Projekts auf nationaler wie internationaler Ebene und ermöglichten zudem ein kontinuierliches Feedback in die Toolentwicklung.

Client II – PeopleSuN 03SF0606A



Abbildung 1: Projektworkshop in Forstinning, Bayern



Abbildung 2: das PeopleSuN Projektteam

Client II – PeopleSuN 03SF0606A



Abbildung 2: Teilnehmer*innen beim Stakeholder Event und Training in Abuja, 2023

AP 2: Datenerhebung und Analyse

Im Jahr 2021 wurde das durch das RLI koordinierte Arbeitspaket 2: Datenerhebung und entsprechend der ursprünglichen Planung erfolgreich abgeschlossen:

Arbeitspaket 2 hatte das Ziel, quantitative und qualitative Daten in nicht-urbanen Regionen Nigerias zu sammeln und zur Weiterverarbeitung zu analysieren und vorzubereiten.

Das Design beider Forschungsansätze (quantitativ sowie qualitativ) wurde in enger Abstimmung mit den Konsortiums- und den assoziierten lokalen Partnern entwickelt, so dass sichergestellt werden konnte, dass alle Forschungsfragen der anderen Arbeitspakete des Projekts durch die gesammelten Daten bearbeitet werden können.

A) Quantitative Datenerhebung

Für die quantitative Datenerhebung wurde zunächst das Forschungsdesign bestimmt: Hierunter fällt die Definition der Stichprobengröße, die randomisierte Auswahl von Haushalten sowie die Erstellung der Haushalts- und Unternehmensfragebögen, inkl. Übersetzung in lokale Dialekte. Diese Schritte wurden in engem Austausch mit den lokalen assoziierten Partnern sowie mit dem Unterauftragnehmer ehealth Africa unternommen.

Aufgrund des Mangels an geeigneten Verwaltungsdaten in Nigeria wurden für das Stichprobendesign die folgenden vier Fernerkundungsdatensätze zu Hilfe genommen:

- (WPOP) WorldPop Bottom-up Bayes'scher Bevölkerungsschätzungsdatensatz (0,01 km², 2020)
- (URCA) Urban-Rural Catchment Area Dataset (1km², 2015)
- (ELEC) AtlasAI Elektrifizierungsdaten (4km², Dezember 2020)
- (ASSET) AtlasAI Asset Index (4km², 2020)

Anschließend wurden 3 geopolitische Zonen als Stichprobe ausgewählt: Nordwesten, Nord-Zentral und Süd-Süd. Diese Zonen wurden bewusst auf der Grundlage der folgenden Ausschlusskriterien ausgewählt:

- a) hohe Verstädterungsraten, dadurch wurden die Zonen Südwesten und Südosten ausgenommen
- b) Sicherheits- und damit verbundene logistische Bedenken, dadurch wurde die Zone Nordosten ausgenommen.

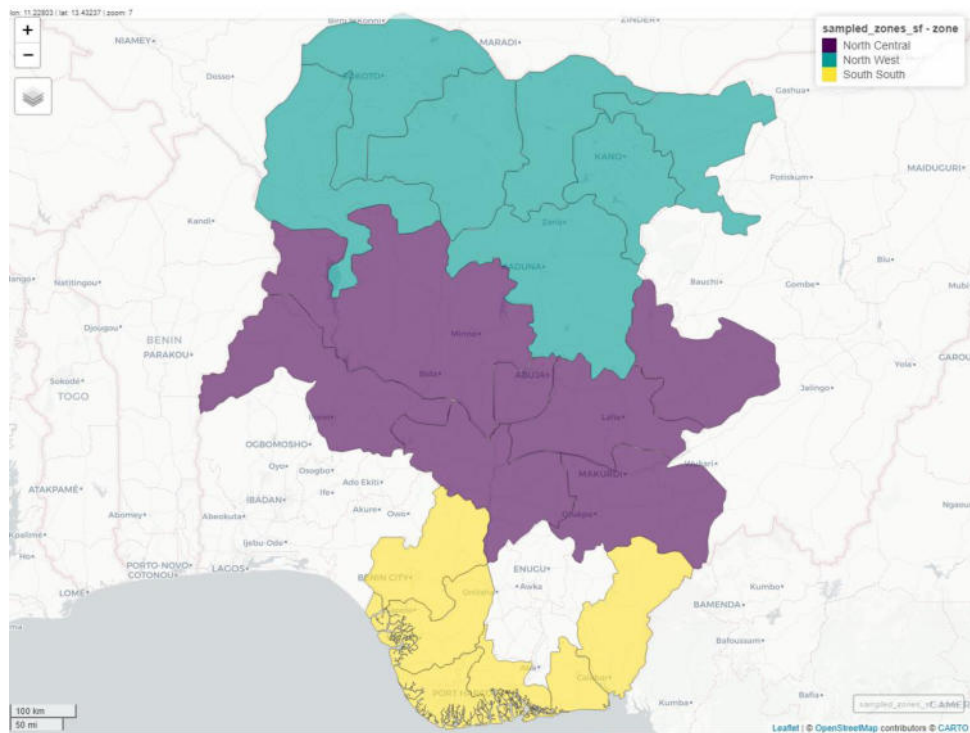


Abbildung 3: Sampled zones

Basierend auf den Anteilen der nicht elektrifizierten Bevölkerung in jeder Zone und den Zielen des PeopleSuN-Projekts, die nicht-städtische Stromversorgung zu untersuchen, definierten wir alle Städte (> 0,02 Mio. und < 0,05 Mio. Einwohner) und Regionen, die innerhalb oder weiter als 1 Stunde Fahrt von einer Stadtgrenze liegen, als „nicht-städtisch“ und für unsere Forschung relevant.

Insgesamt wurden 3.600 Haushalte befragt, die gleichmäßig auf die drei geopolitischen Zonen verteilt waren. Die Absicht besteht darin, zonale und nationale Stichproben mit ausreichender statistischer Aussagekraft bereitzustellen und zonale und nationale Aggregate innerhalb einer angemessenen Fehlerspanne zu erzeugen. Die Stichprobe verteilte sich auf 225 Erhebungsgebiete mit je 16 Haushalten. Darüber hinaus werden in jedem Erhebungsgebiet (Enumeration area) 5 Unternehmen befragt, was eine Gesamtstichprobe von 1.125 Unternehmen ergibt.

Die Repräsentanz unserer Stichprobenauswahl wurde vor der Durchführung der Umfragen statistisch validiert: Hierfür wurde die elektrifizierte Bevölkerung in der Stichprobe mit der nicht in die Stichprobe einbezogenen Bevölkerung verglichen. Zweitens wurde auch die elektrifizierte und die nicht elektrifizierte Bevölkerung in der Stichprobe verglichen. Dies geschah sowohl auf nationaler als auch auf zonaler Ebene und in Bezug auf Ländlichkeit („rurality“) und Wohlstand („wealth“). Hierdurch wurde Meilenstein M2.4 erfüllt.

Für die Entwicklung der Fragebögen wurden neben einigen lokalen assoziierten Partnern (REA, Creeds, Clean Technology Hub, fosera) und dem Durchführungspartner eHealth Africa weitere Interviews und Gespräche mit Expert*innen geführt, deren Feedback in die Fragebögen mit

eingeflossen ist. Dazu gehörten die Folgenden: Solar Sisters, Heinrich Böll Stiftung Nigeria, eGuide, NoMap Nigeria und AtlasAI.

Die Durchführung der Umfrage vor Ort wurde von eHealth Africa unternommen, welche auch die staatliche Genehmigung zur Durchführung von Umfragen in jedem Bundesstaat eingeholt haben. Das RLI hat mit der durchführenden Organisation eHealth Africa Trainings-Sessions durchgeführt, die online stattgefunden haben. Für die Befragungen und die Speicherung der Daten wurde das bewährte Umfragetool „kobo toolbox“ genutzt. Abgeschlossene Fragebögen konnten täglich hochgeladen werden und vom RLI geprüft werden.

Haushaltsfragebögen / Household Surveys

Ziel i) der Haushaltsfragebögen ist die Verknüpfung von Stromverbrauch und -ausgaben mit räumlichen Variablen, die für ganz Nigeria verfügbar sind, wodurch eine räumliche Modellierung von Stromverbrauch und -ausgaben ermöglicht wird. Ziel ii) ist es, die Haushaltpräferenzen für Geräte, Stromstunden, Kapazität, Quelle und Abrechnungsmethoden herauszufinden. Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht der Fragebogeninhalte. Insgesamt dauerte ein Haushaltsfragebogen ca. 45 Minuten pro Haushalt.

Tabelle 1: Aufbau Haushaltsfragebogen

Survey module	Dimensions captured
Characteristics	Expenditures and key assets Demographics & socioeconomics
Electricity access and use	Source(s) of electricity, hours of supply Expenditures Key appliance ownership and use
Cooking stoves and fuels	Stove(s) and fuel(s) used
Preferences	Conjoint Experiment

Unternehmensfragebögen / Enterprise Surveys

Ziel i) der Unternehmensfragebögen ist die Definition typischer Unternehmenstypen im nicht-städtischen Nigeria und Entwicklung verbesserter Schätzungen ihres Strombedarfs, wobei dies mit Wohlstand und anderen Faktoren auf Zonenebene verknüpft wird. Diese Daten werden nicht auf ganz Nigeria hochgerechnet. Ziel ii) ist es, die Unternehmenspräferenzen für Geräte, Stromstunden, Kapazität, Quelle und Abrechnungsmethoden zu testen.

Tabelle 2: Aufbau Unternehmensfragebogen

Survey module	Dimensions captured
Characteristics	Enterprise type and age Revenues and expenditures
Electricity access and use	Source(s) of electricity, hours of supply Expenditures Key appliance ownership and use
Preferences	Conjoint Experiment

Die Daten wurden einer Qualitätskontrolle unterzogen, wobei die Fehlerquote unter 10% liegt.

Die Daten beider Umfragen wurden im ersten Halbjahr 2022 anonymisiert öffentlich bereitgestellt: **RLI-PeopleSuN Energy Audits (RLI-PSN): Household and enterprise energy supply, use and preference data from rural Nigeria:**

<https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/GTNEJD>

Eine begleitene Open Access Publikation wurde im Jahr 2023 bei Nature Scientific Data veröffentlicht: **Electricity supply quality and use among rural and peri-urban households and small firms in Nigeria** <https://www.nature.com/articles/s41597-023-02185-0>

B) Qualitative Datenerhebung

In sechs Dörfern innerhalb derselben drei geopolitischen Zonen wurden darüber hinaus qualitative Daten erhoben. Für das Design der qualitativen Forschung wurden ebenfalls einige Interviews mit entsprechenden Expert*innen geführt: Stephanie Hirmer (Academia), Benjamin Sovacool (Academia), Spaces for Change (NGA), Energia (international network for gender-equal energy access).

Ziel der qualitativen Datenerhebung ist es zu verstehen, welche kulturellen und gesellschaftlichen Gegebenheiten einen Einfluss auf die Nutzung von Strom haben, und wie dies in der Entwicklung von Elektrifizierungsprojekten mit einbezogen werden kann.

Nach Durchführung der Interviews wurde entschieden, die Forschungsmethode „User Perceived Value Game“ anzuwenden. Ziel der Methode ist es herauszufinden, welche Werte die Menschen der Nutzung von Elektrizität bzw. bestimmten elektrischen Geräten zuschreiben (bspw. Information, Kommunikation, Unterhaltung bei TV), um Aussagen über sozioökonomische und kulturelle Entscheidungsfaktoren bei der Nutzung von Strom und relevanten Gegenständen machen zu können.

Die Methode beinhaltete pro Dorf 12 individuelle semi-strukturierte Interviews sowie insgesamt drei moderierte Interviews von männlichen, weiblichen und gemischten Gruppen.

Den befragten Personen wurden insgesamt ca. 50 Bildern von Gegenständen vorgelegt, von denen sie jeweils die für ihren Alltag wichtigsten Gegenstände auswählen sollten. Im Anschluss wurden sie von der Moderatorin/ dem Moderator gefragt, warum sie diese Gegenstände ausgewählt haben. Hierdurch wird offengelegt, was für Werte die Befragten den Gegenständen, u.a. elektrischen Geräten, zuschreiben. Durch die zusätzlichen Gruppeninterviews können auch gender- und gruppenspezifische Dynamiken erkannt werden.

Die folgende Abbildung zeigt den Aufbau der qualitativen Forschung:

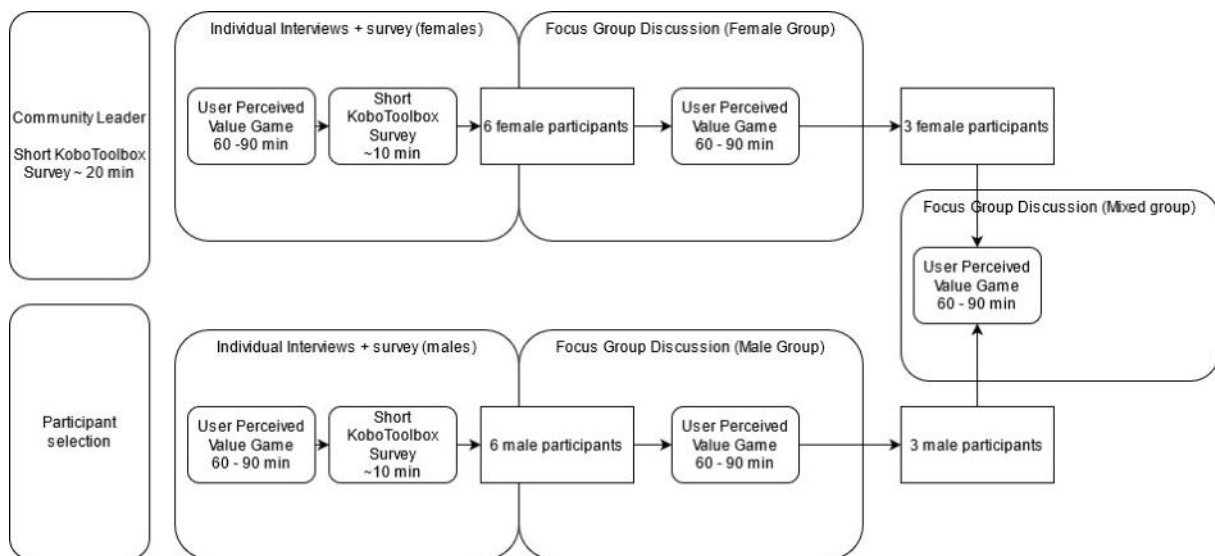


Abbildung 4: Qualitativer Forschungsansatz

Da wir selbst nicht wie ursprünglich geplant vor Ort sein konnten, wurde die nigerianische Firma Clean Technology Hub mit der Erhebung der qualitativen Daten beauftragt. In enger Absprache und Trainings hat das RLI gemeinsam mit dem lokalen Partner die Forschung vorbereitet, die semi-strukturierten Interviewfragen in die lokalen Dialekte Pidgin und Hausa übersetzen lassen, und die Feldforschung durch tägliche Kommunikation eng begleitet.

Durch die abgeschlossene Erhebung der qualitativen Daten (12 individuelle Interviews und insgesamt 18 Fokusgruppendifkussionen) sowie durch die Erhebung der insgesamt 13 Stakeholderbefragungen in Arbeitspaket 2 ist Meilenstein 2.2: „Die Durchführung von mindestens 5 semi-strukturierten Stakeholderbefragungen und 5 Fokusgruppendifkussionen ist abgeschlossen“, erfolgreich umgesetzt worden.

Die Daten sind unter folgendem Link veröffentlicht: **Qualitative Insights on Gender-Specific Energy Needs and Appliance Preferences in Nigerian Communities** (Qualitativer Datensatz): <https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/GYDWW1>

Die kodierten und analysierten qualitativen Daten sind unter folgendem Link visualisiert: <https://data-dev.ruralsenses.com/peoplesun>

Die zweite in diesem Arbeitspaket entstandene Publikation „Illuminating gendered pathways: Exploring energy service demands in rural Nigeria“ ist zurzeit unter diesem Link zu finden und wird im Juli 2025 bei *Renewable and Sustainable Energy Reviews* eingereicht:

https://reiner-lemoine-institut.de/wp-content/uploads/2025/06/Illuminating_gendered_pathways_exploring_energy_service_demands_in_rural_nigeria_working_draft.pdf

AP 3: Modellierung Strombedarf und Zahlungsfähigkeit

Das Arbeitspaket 3 wurde im Jahr 2023 vollständig abgeschlossen:

Ausgehend von den empirischen Daten aus Arbeitspaket 2 wurde das bestehende Tool [RAMP](#) umfassend überarbeitet. Das RAMP-Modell nutzt ein stochastisches Bottom-up-Verfahren zur Simulation realistischer Tages- und Wochenlastprofile. Es basiert auf Wahrscheinlichkeitsverteilungen, die durch die empirisch erhobenen Variablen (z. B. Geräteinsatz, Nutzungshäufigkeit, Haushaltsgrößen) bestimmt werden. Aus den in Arbeitspaket 2 erhobenen Daten wurden nach umfassender Analyse typische Lastprofile für Haushalte, KMU und öffentliche Einrichtungen im nicht städtischen Nigeria entwickelt. Die zu Grunde liegende Methode ist unter RAMP (einem Open-Source-Bottom-up-Stochastikmodell) zugänglich. Die Lastprofile wurden vollständig in das in Arbeitspaket 4 entwickelte Offgridplanner-Tool eingearbeitet und sind darin graphisch visualisiert: <https://offgridplanner.org/>

Zwischen AP3 und AP 4 gab es über die gesamte Projektlaufzeit eine sehr enge Zusammenarbeit und Koordination.

Das Tool aus Arbeitspaket 3 ist Open Source verfügbar: <https://github.com/rl-institut/RAMP>

An einer wissenschaftlichen Publikation, die die Methodik genau beschreibt, wird zurzeit noch gearbeitet. Eine vorläufige Version kann momentan hier abgerufen werden:

https://reiner-lemoine-institut.de/wp-content/uploads/2025/06/Data_driven_standardized_electricity_demand_profiles_for_households_and_enterprises_in_rural_and_peri-urban_nigeriaNigeria.pdf

Darüber hinaus wurde eine umfassende Analyse der Zahlungsbereitschaft von Haushalten und KMU unternommen. Hieraus ist eine Masterarbeit entstanden sowie eine Publikation, die zurzeit bei der wissenschaftlichen Fachzeitschrift Energy Economics eingereicht ist. Sie ist bereits auf arxiv abrufbar: **Willingness to Pay for an Electricity Connection: A Choice Experiment Among Rural Households and Enterprises in Nigeria:** <https://arxiv.org/abs/2407.15757>

AP4: Entwicklung des webbasierten Planungstools zur Auslegung von Off-Grid-Systemen

Das Reiner Lemoine Institut entwickelte im Rahmen des Arbeitspakets 3 das Modul zur Abschätzung von Strombedarf und Zahlungsfähigkeit potenzieller Nutzer:innen (siehe oben). Dieses bildet die Grundlage für das gesamte Offgridplanner-Tool, welches in Arbeitspaket 4 unter der Leitung der Technischen Universität Berlin (TU Berlin) entstanden ist. Hier haben das RLI und die TU Berlin konstant sehr eng zusammengearbeitet: Die TU Berlin entwickelte auf Basis von Vorarbeiten des RLI das Modul zur räumlichen Optimierung von Verteilnetzen weiter und verantwortete zudem die Konzeption und Umsetzung des Moduls zur kostenoptimalen

Auslegung von Energiewandlern und Speichern. Darauf aufbauend realisierte die TU Berlin die vollständige browserbasierte Anwendung, die neben einer intuitiven Benutzeroberfläche zur Dateneingabe und Ergebnisdarstellung auch Funktionen für Datenmanagement, Lastverarbeitung, Nutzerverwaltung sowie Schnittstellen zur Datenbankanbindung umfasst. TU Berlin und RLI haben in regelmäßigen Treffen die Bedarfe und Funktionalitäten des Tools besprochen sowie gemeinsam Trainings in Nigeria durchgeführt.

Der gesamte Anwendungscode für das Offgridplanner Tool ist als Open-Access-Version öffentlich zugänglich und kann flexibel angepasst und selbst gehostet werden. Eine detaillierte Dokumentation zur Einrichtung ist im Repository enthalten.

Die wissenschaftliche Analyse und Bewertung des Tools auf Basis von Fallstudien wird durch das Reiner Lemoine Institut durchgeführt. Ebenso betreibt das RLI die Webanwendung auf institutseigenen Servern: <https://offgridplanner.org/>

Details zu der Tool-Entwicklung finden sich in dem Sachbericht des Konsortialpartners TU Berlin.

AP 6: Fallstudien und Verwertung

Ziel des AP 6 ist laut Projektbeschreibung „die Anwendung der entwickelten Tools und Modelle in allen Regionen Nigerias und Niger, um repräsentative spezifische Ergebnisse zu extrapolieren und konkrete Anleitungen und Empfehlungen zu Bedarfen, geeigneten Off-Grid Systemen und Energiebereitstellungsmodellen sowie zu begünstigenden politischen Maßnahmen im westafrikanischen Kontext zu geben“

Innerhalb dieses Arbeitspaket gab es einige Anpassungen:

Die geplante Anwendung und Validierung der entwickelten Tools im Nachbarland Niger konnte nicht wie vorgesehen realisiert werden. Ursprünglich war angedacht, sowohl die quantitativen Tools als auch das Stakeholder-Engagement in Regionen in Niger zu replizieren. Aufgrund der durch die Covid-19-Pandemie verursachten Einschränkungen, verschärfter Sicherheitslage sowie lokaler politischer Unruhen konnten jedoch keine Forschungsreisen oder Tooltests vor Ort durchgeführt werden.

Die Projektpartner aus Niger waren dennoch kontinuierlich in das Konsortium und die Abstimmungen eingebunden. Die Erfahrungen und Werkzeuge wurden gemeinsam reflektiert, jedoch ausschließlich für Nigeria operativ implementiert. Die Ressourcen wurden stattdessen in gezielte Disseminationsmaßnahmen sowie zusätzliche Trainingsaktivitäten in Nigeria investiert, um eine möglichst breite Verwertung dort sicherzustellen. Der Meilenstein 6.2 wurde daher in Absprache mit dem PtJ im Rahmen des Zwischenberichts 2023 gestrichen.

Im Verlauf des Projekts wurde deutlich, wie hoch das Verwertungspotenzial der entwickelten Ergebnisse ist – dies führte zu einem bewilligten Aufstockungsantrag im Jahr 2023. Die zusätzlichen Mittel dienten dazu, gezielt Trainings für lokale Akteur:innen anzubieten, ein Online-Schulungsprogramm für Nachwuchswissenschaftler:innen aufzubauen sowie konkrete Fallbeispiele aus der Praxis gemeinsam mit Stakeholdern zu berechnen und in Empfehlungen zu überführen. Die Aktivitäten in AP 6 wurden damit erheblich ausgeweitet, um Sichtbarkeit, Nutzbarkeit und Transfer der Projektergebnisse nachhaltig zu stärken:

Die Projektergebnisse wurden in Absprache mit den lokalen assoziierten Partner in 12 Fallstudien angewendet und validiert (vgl. [Practitioner's Guide](#)): Es wurden 12 typische Gemeinden ausgewählt (aus insgesamt 657 potenziellen Mini-Grid-Standorten), um mithilfe des Offgridplanner-Tools, welches in Arbeitspaket 4 entwickelt wurde, Elektrifizierungsstrategien zu entwickeln. Die Gemeinden wurden in vier Cluster eingeteilt, basierend auf Merkmalen wie Gebäudedichte, Anzahl und Anteil großer Gebäude (als Indikator für wirtschaftliche Aktivität).

Die Fallstudien bildeten auch die Basis für ein fünftägiges Schulungsformat (PeopleSuN Fall School, 2024), in dem Nachwuchsforschende aus Nigeria und Niger praxisnah die Tools und Methoden kennenlernen konnten. Eine Dokumentation der Fall School und Video Tutorials für die Teilnehmenden sind hier zu finden: <https://wolke.rli-institut.de/s/eqnAqi49239cBSb> (PW: PeopleSuN123!)

Darüber hinaus gab es mehrere Trainings zur Anwendung des Offgridplanners für unterschiedliche Zielgruppen: Im Jahr 2023 während der Reise nach Abuja gab es an zwei Tagen Trainings für nigerianische Regierungsvertreter*innen der REA sowie für Projektentwickler*innen. Diese Trainings waren mit jeweils bis zu 30 Teilnehmenden sehr nachgefragt. Darüber hinaus gab das RLI ein Training im Rahmen des Open Source for Energy Access Symposium in Abuja vom 7.-10. Mai 2025 und ein weiteres bei der von der World Bank organisierten Veranstaltung INNOVATE4CLIMATE (I4C) im September 2024: <https://reiner-lemoine-institut.de/en/events/tool-presentation-at-the-i4c-conference/>

Ein wesentlicher Bestandteil des Arbeitspakets 6 ist zudem die Veröffentlichung und Verbreitung des **PeopleSuN Practitioner's Guide**, der alle wesentlichen Projektergebnisse zusammenfasst und als Informationsgrundlage für Entscheidungsträger*innen dienen kann: https://reiner-lemoine-institut.de/wp-content/uploads/2024/12/reiner_lemoine_institut-people_sun-practitioners_guide-2024.pdf

AP 7: Projektmanagement

Als Konsortialleitung hat das RLI folgende Aktivitäten im Rahmen des Projektmanagements durchgeführt:

- Durchführung von regelmäßigem Konsortialtreffen im zweiwöchentlichen Rhythmus.
- Organisation und Durchführung von multilateralen und bilateralen Projektpartnertreffen
- Organisation und Abwicklung der Reise von den nigerianischen assoziierten Partnern und der deutschen Konsortialpartner nach Deutschland (Forstinning und München in Bayern)
- Organisation und Durchführung einer Session im Rahmen der Intersolar Konferenz
- Organisation und Durchführung eines großen stakeholder events in Abuja in Nigeria

Herausforderungen und Learnings:

Zu den größten Herausforderungen zählten:

- Covid-19-Pandemie: Verlagerung physischer Workshops in digitale Formate, zeitliche Verzögerungen

- Politische Lage in Niger: Durchführung der Feldforschung wie geplant nicht möglich
- Fehlende finanzielle Förderung lokaler Partner trotz hoher Relevanz ihrer Beiträge

Dennoch konnten alle wesentlichen wissenschaftlichen Meilensteine erreicht und sogar übertroffen werden – u.a. durch zusätzliche Publikationen und unerwartete Anschlussverwertungen.

3. Die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Die Projektarbeiten des Teilvorhabens des RLI adressierten eine nachweislich bestehende Lücke in Bezug auf reale, empirisch fundierte und offene Daten zur Stromnutzung in ländlichen Kontexten sowie deren systematische Modellierung. Bisherige Modelle und Datensätze (z. B. der IEA oder ESMAP) operieren oft mit hypothetischen Annahmen oder nutzen generische Standardprofile. Zudem sind sie meistens nur kostenpflichtig zu erwerben. Die methodisch triangulierte, partizipative und offene Herangehensweise von PeopleSuN ist daher sowohl forschungsmethodisch als auch entwicklungspolitisch hoch relevant. Auch unter widrigen Rahmenbedingungen (z. B. Covid-19, fehlende direkte Förderung lokaler Partner) wurde das geplante Arbeitspensum übererfüllt.

4. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Datensätze und Tools werden bereits in Anschlussprojekten und internationalen Kooperationen genutzt, z. B. im Kontext von AI/ML-Modellen zur regionalen Nachfrageabschätzung in der WASCAL Region, in Vorhaben in Thailand und Mosambik sowie zur Ergänzung bestehender Planungsprozesse im Rahmen nationaler Elektrifizierungsstrategien. Die Veröffentlichung des Practitioner's Guide und die Durchführung von Schulungen sichern einen langfristigen Wissens- und Technologietransfer.

5. Bekannter Fortschritt auf dem Gebiet bei anderen Stellen

Während der Projektlaufzeit wurden keine gleichwertigen offenen Tools identifiziert, die auf realen, breiten empirischen Erhebungen in Westafrika basieren. Zwar gibt es Bestrebungen bei SE4ALL oder der Weltbank zur Verbesserung von Demand Estimation, jedoch beruhen diese zumeist auf Modellannahmen, Satellitenbildern oder typisierten Standardhaushalten. PeopleSuN bietet eine datengeleitete Alternative mit hoher Anschlussfähigkeit für Akteure vor Ort.

6. Veröffentlichungen gemäß Nr. 5 der NKBF

- **RLI-PeopleSuN Energy Audits (RLI-PSN): Household and enterprise energy supply, use and preference data from rural Nigeria** (Quantitativer Datensatz):
<https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/GTNEJD>
- **Electricity supply quality and use among rural and peri-urban households and small firms in Nigeria** (Open-Access-Publikation in „Nature Scientific Data“ (2023)):
<https://www.nature.com/articles/s41597-023-02185-0>

- **Qualitative Insights on Gender-Specific Energy Needs and Appliance Preferences in Nigerian Communities** (Qualitativer Datensatz):
<https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/GYDWW1>
- **Willingness to Pay for an Electricity Connection: A Choice Experiment Among Rural Households and Enterprises in Nigeria** (Publication (under submission)):
<https://arxiv.org/abs/2407.15757>
- **Data-driven standardized electricity demand profiles for households and enterprises in rural and peri-urban Nigeria** (Working Paper, will be submitted for publication in 2025)
- **Practitioner's Guide - Optimizing off-grid electricity supply systems in Nigeria (2024)**:
https://reiner-lemoine-institut.de/wp-content/uploads/2024/12/reiner_lemoine_institut-people_sun-practitioners_guide-2024.pdf
- **Präsentationen auf internationalen Konferenzen:**
 - 4th S@ccess Conference in Palma de Mallorca, 26.-28.4.2023,
 - Intersolar Konferenz in München, 12.-17.Juni 2023
 - Open Source for Energy Access Symposium in Abuja, 7.-10. Mai 2025
 - INNOVATE4CLIMATE (I4C), von der World Bank organisiert, Berlin, 10-12.9.2024
- LinkedIn-Beiträge (regelmäßige Updates), Blogartikel, Interviews mit Partnern, Projektwebseite: <https://www.peoplesun.org/>

7. Fazit

PeopleSuN demonstriert, wie praxisnahe, transdisziplinäre Forschung im Bereich Energiezugang wirken kann: durch Beteiligung lokaler Akteure, die Offenlegung aller Ergebnisse, zielgruppenspezifische Formate und flexible Toolarchitektur. Das Projekt leistet einen konkreten Beitrag zur Operationalisierung von SDG 7 und wird über Nigeria hinaus bereits in neue Kontexte überführt.