

Sachbericht zum Verwendungsnachweise - Teil I

Verbundprojekt:	Innovative Technologien zur Eindämmung wasserassoziierter Krankheiten
Teilvorhaben:	Umweltmonitoring zur Anpassung der Wasseraufbereitung bei Flutereignissen und zur Vermeidung giftiger Chemikalien in Trinkwasser und Böden
Projektkronym:	INTEWAR
Zuwendungsempfänger:	Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin Uniklinik RWTH Aachen
Projektlaufzeit:	01.05.2020 bis 31.12.2024
Förderkennzeichen:	13N15241

1. Hintergrund und Zielsetzung

Kamerun ist regelmäßig von Überschwemmungen und Dürreperioden betroffen, die durch seine klimatische Diversität und den voranschreitenden Klimawandel verstärkt werden. Das rapide Bevölkerungswachstum und unkontrollierte Urbanisierung verschärfen die ökologische Belastung, beeinträchtigen die Wasserressourcen und erhöhen die Anfälligkeit für diese Naturkatastrophen. Diese extremen Wetterereignisse verschlechtern zudem die Trinkwasserqualität erheblich, da z.B. Schadstoffe aus kontaminierten Böden und Oberflächengewässern mobilisiert werden und so in das Trinkwasser gelangen können. Die Trinkwasserversorgung ist besonders während dieser extremen Wetterereignisse gefährdet. Nur etwa 60 Prozent der ländlichen und 80 Prozent der städtischen Bevölkerung haben Zugang zu sicherem Trinkwasser. Flut- und Dürrekatastrophen, kombiniert mit unzureichender Trink- und Abwasserinfrastruktur, zwingen viele Menschen, auf unsichere Wasserquellen zurückzugreifen, was das Risiko für wasserassoziierte (akute und chronische) Krankheiten erhöht. Die übergeordnete Zielsetzung des Verbundvorhabens INTEWAR war die Erarbeitung einer sicheren Trinkwasserversorgung, besonders angesichts der häufigen und intensiven Überschwemmungsgefahren. Das Verbundvorhaben INTEWAR zielt somit darauf ab, den genannten Herausforderungen insbesondere hinsichtlich der (Trink)Wasserversorgung zu begegnen. Es strebt an, grundlegende Daten, Umwelt- und Gesundheitskataster sowie Konzepte zur Überwachung der Wasserqualität zu erstellen. Weitere Ziele umfassen den Schutz von Infrastrukturen, die Sicherstellung der Notfallversorgung, insbesondere der Trinkwasserversorgung im Katastrophenfall, und die Minimierung negativer Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt. Schulungs- und Trainingsmaßnahmen wurden implementiert, um nachhaltiges Know-how in Kamerun aufzubauen und lokale Stakeholder zu befähigen, Hochwasserrisiken eigenständig zu bewerten, Naturkatastrophen präventiv zu verhindern und gesundheitliche Risiken im Falle solcher Ereignisse zu minimieren. Diese Ziele wurden in den Pilotregionen Soa, Douala und Jaunde verfolgt. Die Erreichung der genannten übergeordneten Zielsetzung des Verbundprojektes wurde durch die Umsetzung der Aufgaben im Teilvorhaben „Umweltmonitoring zur Anpassung der Wasseraufbereitung bei Flutereignissen und zur Vermeidung giftiger Chemikalien im Trinkwasser und Böden“ flankiert. Die Trinkwasseraufbereitung stellte somit die Grundlage und den Ankerpunkt für wissenschaftliche und technische Bearbeitung des Teilvorhabens insbesondere hinsichtlich der Umwelttoxikologie und damit verbundener Konzipierung eines Umweltmonitoringssystems.

2. Ablauf des Teilvorhabens

Die Umsetzung des Teilvorhabens erforderte die Entwicklung eines strukturierten Konzepts mit eng verknüpften Aufgaben und Prozessschritten. Arbeitsergebnisse wurden systematisch durch Projektmeilensteine evaluiert, um den Fortschritt und die Zielerreichung zu gewährleisten. Über die gesamte Projektlaufzeit wurden sechs umfassende und aufeinander aufbauende Arbeitspakete konzipiert und im Rahmen des interdisziplinären Projektverbunds bearbeitet. Das Teilvorhaben gliedert sich in folgende zentrale Teilaufgaben:

Bestandsaufnahme: Zu Beginn des Projekts wurden die vorhandenen Ressourcen und Daten in Kamerun erfasst und analysiert. Dies umfasste die Untersuchung der labortechnischen und organisatorischen Kapazitäten vor Ort sowie eine detaillierte Literaturrecherche zu toxikologischen Belastungen von Trinkwasser und Böden. Ferner wurde in Kooperation mit den Konsortialpartnern eine Bedarfsanalyse für Trinkwasser im Katastrophenfall eruiert. Diese Phase legte die Grundlage für die weiteren Projektaktivitäten.

Datenerhebung und –auswertung: Im Anschluss wurden systematisch Wasser- und Bodenproben entnommen und analysiert, um detaillierte Informationen über die Trinkwasserqualität und die umwelttoxikologischen Belastungen in den betroffenen Gebieten zu erhalten sowie die potenziellen gesundheitlichen Gefährdungen durch Gefahrstoffe zu identifizieren. Die Analysen lieferten wertvolle Daten, die in die weiteren Planungsschritte einfließen. In Zusammenarbeit mit Projektpartnern wurde ein GIS-gestütztes System entwickelt, das laborgestützte Analysen, Schnelltests und gesundheitsbezogene Daten integriert. Diese GIS-basierte Erfassung und Visualisierung ermöglicht Interventionen bei Grenzwertüberschreitungen und technische Anpassungen der Wasseraufbereitung. Die Umsetzung dieser Aufgaben schließt Datenlücken im Umweltmonitoring der Pilotregionen und bietet eine nachhaltige Grundlage für zukünftige Arbeiten, insbesondere im Kontext klimabedingter Naturereignisse wie Überschwemmungen und Dürren.

Modellierung und Visualisierung: Aufbauend auf den erhobenen Daten wurde ein GIS-gestütztes System entwickelt, das die räumliche Verteilung der Belastungen visualisiert und potenzielle Kontaminationsquellen identifiziert. Dieses System ermöglichte eine präzise Planung und Risikoabschätzung für zukünftige Maßnahmen wie z.B. die Entwicklung eines an die lokalen Gegebenheiten angepassten Konzepts für ein umwelttoxikologisches Monitoring von Wasser und Boden in Überschwemmungszonen. Ziel des Umweltmonitoringkonzeptes ist die fortlaufende Bewertung und Überwachung kurz- und mittelfristiger Gefährdungen durch chemische Gefahrstoffe. Das Konzept umfasst die Festlegung von Indikatorsubstanzen, spezifizierte Analysenverfahren sowie Methoden zur Probennahme und Logistik. Es integriert Ergebnisse der chemischen Charakterisierung mit hygienisch-mikrobiologischen Parametern, unterstützt die dezentrale Trinkwasseraufbereitung und zielt

auf die Entwicklung von Präventions- und Bewältigungsstrategien ab. Das Monitoring toxischer Chemikalien in Trinkwasser und Böden liefert belastbare Daten über den Zustand der Wassergüte und trägt wesentlich zum gesundheitlichen Schutz betroffener Bevölkerungsgruppen bei. Es informiert über Umweltveränderungen und bildet die Basis für Gegenmaßnahmen, einschließlich Risikobewertungen für die Wasseraufbereitung und -entnahme sowie Instrumente zur Überwachung der Effektivität getroffener Maßnahmen.

Entwicklung von Präventions- und Katastrophenschutzkonzepten: Basierend auf den Vorarbeiten wurden in kooperativer Zusammenarbeit mit den Konsortialpartnern ein umfassender Präventionsmaßnahmenkatalog und Strategien für den Katastrophenschutz entwickelt. Diese Konzepte zielen darauf ab, insbesondere bei Überschwemmungen effektiv angewendet werden zu können, um die Trinkwassersicherheit zu gewährleisten. Sie umfassen Sofortmaßnahmen und langfristige Strategien zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung, insbesondere bei extremen Wetterbedingungen. Sofortmaßnahmen beinhalten die schnelle Identifizierung der Gefahrenstoffe und Überwachung von Trinkwasserquellen sowie die Bereitstellung alternativer Wasserversorgungsmethoden bei Kontamination. Der präventive Schutz von Wasserquellen umfasst Maßnahmen gegen Kontaminationen während Überschwemmungen und Dürren, regelmäßige Inspektionen und Instandhaltungen der Wasserversorgungssysteme. Aufklärung und Sensibilisierung der lokalen Bevölkerung durch Information zur Wasserqualität und sicheren Umgangsweisen mit Trinkwasser während Krisenzeiten sind ebenfalls von zentraler Bedeutung. Der Kapazitätsaufbau und die Schulung lokaler Fachkräfte stellen sicher, dass diese die Wasserqualität effizient überwachen und managen können. Langfristige Maßnahmen zur Sicherung der Trinkwasserversorgung umfassen die Implementierung von Frühwarnsystemen, Schutz von Trinkwasserquellen z.B. durch die Vermeidung illegaler Müllablagerungen.

Technische Lösungen und Betreibermodell: Ein wesentlicher Bestandteil des Projekts war die Entwicklung und Implementierung eines Betreibermodells für dezentrale Trinkwasseraufbereitungsanlagen (PAULA-Anlagen). Dies umfasste die Auswahl geeigneter Standorte basierend auch auf Umweltmonitoring-Ergebnissen, die Sicherstellung der kontinuierlichen Wasser- und Stromversorgung sowie die Entwicklung von Wartungsroutinen und Schulungsprogrammen für lokale Betreiber. Die Anlagen müssen Qualitätsstandards für die Wasser- und Bodenbeschaffenheit erfüllen, und Abweichungen werden kontinuierlich überwacht.

Sensibilisierung und Training: Ein weiterer zentraler Aspekt des Projekts war die Schulung und Sensibilisierung lokaler Fachkräfte und Entscheidungsträger in Politik, Verwaltung und Wirtschaft. Diese Schulungen vermittelten notwendige Kenntnisse zur Probenahme, Probenanalyse und Qualitätssicherung und erhöhten das Bewusstsein für umwelttoxikologische Gesundheitsgefahren. Besonders wichtig war die Schulung zur routinemäßigen Probenahme und Analyse sowie zur Qualitätssicherung der Ergebnisse. Hier ist besonders hervorzuheben, dass der Leiter des umwelttoxikologischen Labors in Jaunde einen 10-wöchigen Trainingssaufenthalt am Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der Uniklinik Aachen absolvierte und im Rahmen dessen er in der Methodik des Non-Target-Verfahrens für Wasser- und Bodenanalytik geschult wurde. Diese Maßnahmen trugen wesentlich zur Verbesserung der Trinkwassersicherheit bei und förderten die langfristige Gesundheitsaufklärung. In Workshops wurden umfassende Aufklärungsmaterialien zur Verfügung gestellt, die die Gefahren von unkontrolliert abgelagertem Abfall und die daraus resultierende Freisetzung toxischer Substanzen thematisierten. Diese Materialien waren entscheidend, um die lokalen Akteure über die gesundheitlichen Risiken zu informieren und präventive Maßnahmen zu fördern.

3. Wesentliche Ergebnisse und Zusammenarbeit mit Projektpartnern

Erhebung und Integration von Daten: Durch die systematische Erhebung und Analyse von Wasser- und Bodenproben konnten umfangreiche Daten zur Trinkwasserqualität und den umwelttoxikologischen Belastungen in Pilotgebieten gesammelt werden. Diese Daten wurden erfolgreich in ein GIS-gestütztes System integriert, das die räumliche Verteilung der Belastungen visualisiert und potenzielle Kontaminationsquellen identifiziert.

Standortauswahl und technische Implementierung: Geeignete Standorte für die PAULA-Anlagen wurden anhand der erhobenen Daten ausgewählt und die notwendige technische Infrastruktur zur Sicherstellung der kontinuierlichen Wasser- und Stromversorgung implementiert.

GIS-gestütztes Gefahrenstoffkataster für biologische und chemische Noxen: Für die Umsetzung wurde in enger Zusammenarbeit mit Projektpartnern ein GIS-gestütztes Datensystem entwickelt und implementiert, das nicht nur während des Projekts, sondern auch langfristig für weitere Untersuchungen Wasser- und Bodenuntersuchungen sowie Monitoring-Maßnahmen eingesetzt werden kann

Konzept für ein umwelttoxikologisches Monitoring: In Zusammenarbeit mit Konsortialpartnern und lokalen Labor wurde ein strukturiertes Monitoring-System zur Erfassung und Bewertung der Wasser- und Bodenqualität entwickelt. Dieses Umweltmonitoringsystem erfasst systematisch verschiedene toxikologische Aspekte der Umweltqualität. An ausgewählten Mess- und Beobachtungsflächen werden Parameter zur Wassergüte und potenzielle Einflüsse von Umweltveränderungen auf

die Gesundheit erhoben. Ziel ist es, Zeitreihen der Messdaten zu erstellen, um Ursache-Wirkungsbeziehungen zu identifizieren und kontinuierlich die Umweltqualität zu überwachen. Diese Daten dienen als Grundlage für die Entwicklung von Gegenmaßnahmen und helfen, umwelttoxische Prozesse zu erkennen, die auf ähnliche Standorte übertragbar sind. Das Monitoringkonzept gewährleistet eine langfristige Überwachung der Trinkwasserqualität an den Standorten der Wasseraufbereitungsanlagen und fungiert als Frühwarnsystem zur Erkennung von Verunreinigungen und toxikologischen Belastungen, die die Gesundheit der Bevölkerung gefährden könnten.

Betreibermodell und Schulungen: Ein detailliertes Betreibermodell wurde entwickelt, das die Betriebssicherheit der PAULA-Anlagen gewährleistet. Zudem wurden umfassende Schulungsprogramme zur Kapazitätsbildung lokaler Betreiber durchgeführt, die technisches Know-how und Wissen über die Wasserqualität und Betriebsstandards vermittelten.

Präventions- und Katastrophenschutzkonzepte: Es wurden effektive Präventionsmaßnahmen und Strategien für den Katastrophenschutz entwickelt, die besonders bei Überschwemmungen angewendet werden können, um die Trinkwassersicherheit zu gewährleisten.

4. Fazit

Das Projekt hat eindrucksvoll gezeigt, dass die Sicherstellung der Trinkwassersicherheit in Kamerun durch eine Kombination aus technischen Lösungen, gezielten Schulungsmaßnahmen, Umweltmonitoringkonzept und einer engen Zusammenarbeit mit lokalen Partnern erreicht werden kann. Die entwickelten Methoden und Konzepte bieten eine solide Grundlage für zukünftige Arbeiten und können auch in anderen Regionen mit ähnlichen Herausforderungen angewendet werden. Durch die systematische Integration umwelttoxikologischer Überwachung und die Schulung lokaler Akteure wird die langfristige Gesundheitsaufklärung und Trinkwassersicherheit nachhaltig gefördert.

Die Covid-Pandemie stellte das Projekt jedoch vor erhebliche Herausforderungen. Reisebeschränkungen und eingeschränkte Möglichkeiten, Daten selbst vor Ort zu erheben, erschwerten und verzögerten die Umsetzung der geplanten Maßnahmen erheblich. Zudem führten Kommunikationsprobleme zu Verzögerungen und erschwerten die Koordination zwischen den internationalen Partnern. Administrative Hürden, wie langwierige Genehmigungsverfahren (Bodenproben) und bürokratische Hindernisse, behinderten zusätzlich den Fortschritt und die Effizienz des Teilprojektes. Trotz dieser Hindernisse konnte durch flexible Anpassungen (Verlängerung der Projektlaufzeit) und verstärkte Nutzung digitaler Kommunikationsmittel der Fortschritt des Projekts sichergestellt werden. Die Erfahrungen während der Pandemie haben die Notwendigkeit robuster, anpassungsfähiger Systeme und flexibler Arbeitsmethoden verdeutlicht, die auch unter schwierigen Bedingungen effektiv funktionieren. Die erfolgreiche Umsetzung des Teilvorhabens basierte ferner auf der guten kooperativen Unterstützung durch die Konsortialpartner, deren Engagement und Zusammenarbeit wesentlich zum Erfolg des Projekts beigetragen haben. Das Team des Teilvorhabens sieht ferner einen besonderen Mehrwert dieses Projekts im Erlernen und Praktizieren interkultureller Kommunikation sowie im vertieften Verständnis für die Arbeitsweisen anderer Kulturkreise. Diese bereichernden Erfahrungen haben die Zusammenarbeit auf vielfältige Weise verbessert und zu einem gesteigerten gegenseitigen Vertrauen beigetragen. Durch den kontinuierlichen Austausch und die enge Kooperation mit den lokalen Partnern konnten kulturelle Unterschiede überwunden und Synergien wertschätzend geschaffen werden, die die Effizienz und die Effektivität der Projektarbeit nachhaltig gestärkt haben.

Sachbericht zum Verwendungsnachweise - Teil II

Verbundprojekt:	Innovative Technologien zur Eindämmung wasserassoziierter Krankheiten
Teilvorhaben:	Umweltmonitoring zur Anpassung der Wasseraufbereitung bei Flutereignissen und zur Vermeidung giftiger Chemikalien in Trinkwasser und Böden
Projektkronym:	INTEWAR
Zuwendungsempfänger:	Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin Uniklinik RWTH Aachen
Projektlaufzeit:	01.05.2020 bis 31.12.2024
Förderkennzeichen:	13N15241

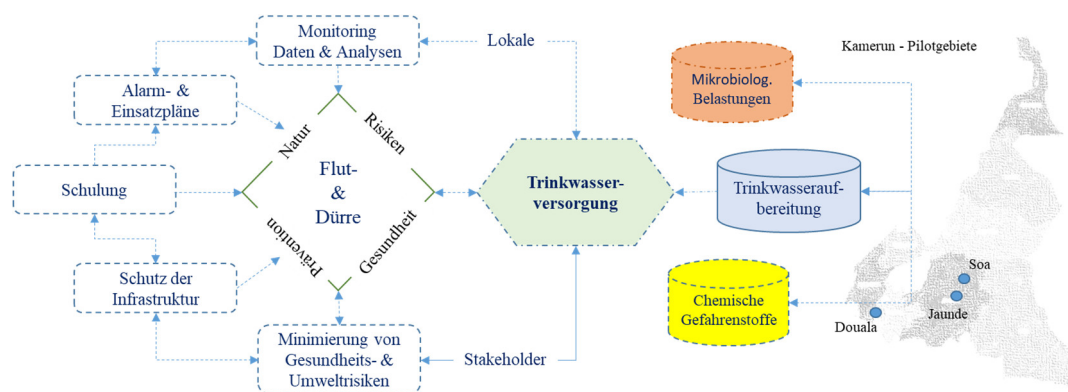
Inhalt

1. Hintergrund, Zielsetzung des Verbundvorhabens und Verortung des Teilvorhabens.....	1
2. Zielsetzung und Aufgabenstellung des Teilvorhabens.....	2
3. Umsetzungskonzept und geplante Prozessschritte	2
4. Durchgeführte Arbeiten.....	3
4.1. Bestandsaufnahme.....	3
4.2. Datenerhebung und –auswertung	6
4.3. Modellierung und Visualisierung.....	10
4.4. Konzeptentwicklung – Prävention und Katastrophenschutz.....	14
4.5. Technische Lösungen und Betreibermodell der PAULA-Anlage.....	17
4.6. Sensibilisierung, Kommunikation, Training	19

1. Hintergrund, Zielsetzung des Verbundvorhabens und Verortung des Teilvorhabens

Kamerun ist durch seine geographische Lage und klimatischen Bedingungen regelmäßig von Überschwemmungen und Dürreperioden betroffen. Diese Naturphänomene werden durch die klimatische Diversität des Landes verstärkt, das sowohl tropische Regenwälder als auch Sahelzonen umfasst. Die Niederschlagsmuster in Kamerun variieren stark zwischen den Regionen, wobei der Süden und Westen des Landes hohe Niederschlagsmengen erhalten, während der Norden und die zentrale Sahelzone deutlich arider sind. Beispielweise haben sich in den letzten zehn Jahren die klimatischen Extremsituationen in Kamerun signifikant verschärft. Häufige und intensive Regenfälle darunter Starkregen führen immer wieder zu schweren Überschwemmungen, insbesondere während der Regenzeit von April bis November. Beispielsweise führten die Überschwemmungen im Jahr 2012 zu umfangreichen Schäden in den Regionen Extreme-Nord, Nord und Adamaoua. Ähnliche Ereignisse traten auch 2015 und 2020 auf, wobei größere Landstriche in Kamerun überflutet wurden. Gleichzeitig haben Dürreperioden im nördlichen Teil Kameruns zugenommen. Diese Regionen sind somit besonders anfällig für die Auswirkungen des voranschreitenden Klimawandels, dessen Folgen zu einer Verringerung der (Trink)Wasserverfügbarkeit und Reduzierung der Trinkwasserqualität führen. In den Jahren 2013 und 2017 traten ferner in Kamerun längere Dürreperioden auf. Zusätzlich verschärft das rapide Bevölkerungswachstum die beschriebene Situation. Die Bevölkerung Kameruns hat sich von etwa 17 Millionen im Jahre 2000 um ca. 50 Prozent auf über 26 Millionen im Jahre 2020 erhöht. Es wird prognostiziert, dass sie bis 2050 auf rund 50 Millionen anwachsen wird. Dieses Wachstum übt einen enormen Druck auf die städtischen und ländlichen Siedlungsgebiete aus, und führt infolgedessen zu unkontrollierten Urbanisierungen. Der Siedlungsdruck verursacht erhebliche ökologische Probleme, darunter Abholzung, Verlust der Biodiversität und Bodendegradation. Diese Belastungen beeinträchtigen die Wasserressourcen und verschärfen die Auswirkungen von Überschwemmungen und Dürren erheblich. Die Trinkwasserversorgung in Kamerun ist besonders während extremer Wetterereignisse betroffen. Laut dem Bericht der Weltgesundheitsorganisation haben nur etwa 60 Prozent der ländlichen und 80 Prozent der städtischen Bevölkerung in Kamerun Zugang zu sicherem Trinkwasser. Flut- und Dürrekatastrophen, unkontrollierte Urbanisierung und der Mangel an ausreichender Trink- und Abwasserinfrastruktur führen dazu, dass viele Menschen auf unsichere und oft belastete Wasserquellen angewiesen sind. Dies erhöht das Risiko für wasserassoziierte akute und chronische Krankheiten deutlich. Das Verbundvorhaben INTEWAR zielt darauf ab, diesen Herausforderungen insbesondere hinsichtlich der (Trink)Wasserversorgung zu begegnen. Es strebt an, grundlegende Daten, Umwelt- und Gesundheitskataster sowie Konzepte zur Überwachung der Wasserqualität zu erstellen. Weitere Ziele umfassen den Schutz von Infrastrukturen, die Sicherstellung der Notfallversorgung, insbesondere der Trinkwasserversorgung im Katastrophenfall, und die Minimierung negativer Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt. Alarm- und Einsatzpläne sollen entwickelt und durch Schulungsmaßnahmen nachhaltiges Know-how in Kamerun aufgebaut werden. Diese Ziele werden in den Pilotregionen Soa, Douala und Jaunde verfolgt. Ein während der Definitionsphase etabliertes Netzwerk aus Ministerien, Forschungseinrichtungen, Wirtschaftsunternehmen und Nichtregierungsorganisationen (NGOs) ermöglicht den Transfer von Fachwissen und Technologien aus der deutschen Sicherheitsforschung, die an die spezifischen lokalen Anforderungen in Kamerun angepasst werden sollen. Für eine nachhaltige Implementierung wird besonderer Wert auf die Einbindung der kamerunischen Partner auf administrativer und wissenschaftlicher Ebene gelegt. Das primäre Ziel des Verbundprojekts besteht darin, die lokale Bevölkerung und die kommunalen Behörden zu befähigen, Hochwasserrisiken eigenständig zu bewerten, Naturkatastrophen präventiv zu verhindern und gesundheitliche Risiken im Falle solcher Ereignisse zu minimieren.

Abbildung 1: Holistischer Ansatz und übergeordnete Umsetzungsziele des Verbundvorhabens



Quelle: Eigene Darstellung

Die Erreichung der genannten übergeordneten Zielsetzung des Verbundprojektes wird durch die Umsetzung der Aufgaben im Teilvorhaben „Umweltmonitoring zur Anpassung der Wasseraufbereitung bei Flutereignissen und zur Vermeidung giftiger Chemikalien im Trinkwasser und Böden“ flankiert.

2. Zielsetzung und Aufgabenstellung des Teilvorhabens

Durch die häufigeren und intensiveren Starkregenereignisse, die zu Überschwemmungen und dadurch zur Vermischung von Trink- und Abwasser führen, sowie durch häufiger werdende Dürreperioden gibt es in Kamerun insbesondere während und nach einem Katastrophenfall Bedarf an einwandfreiem Trinkwasser. Die Zielstellung des genannten Teilvorhabens ist die Erfassung von Risikobereichen durch chemische Gefahrstoffe (z.B. Betriebsstoffe, Kraftstoffe, Lösungsmittel, Reinigungsmittel oder Pestizide), deren Freisetzung infolge von Starkregenereignissen sowohl akute als auch chronische Gesundheitsgefährdungen verursachen kann. Diese Risikobewertung bildet die Grundlage für die Etablierung und Anpassung der Trinkwasseraufbereitung, sowohl hinsichtlich der Standorte der Filteranlagen als auch der angewandten technischen Verfahren. Dadurch können präventive Maßnahmen zur Vermeidung von Wasserverschmutzung durch toxische Chemikalien rechtzeitig vor einem Flutereignis ergriffen werden. Ergebnisse aus kontinuierlichem Umweltmonitoring von Wasser und Boden für eine begrenzte Anzahl von Indikatorsubstanzen und unter Verwendung definierter Analysemethoden (Non-Target-Verfahren) ermöglichen es, Standorte und Methoden der Wasseraufbereitung auch bei veränderten Gefahrstoffbelastungen infolge von Flutereignissen oder anderen wirtschaftlichen Aktivitäten in der Region anzupassen.

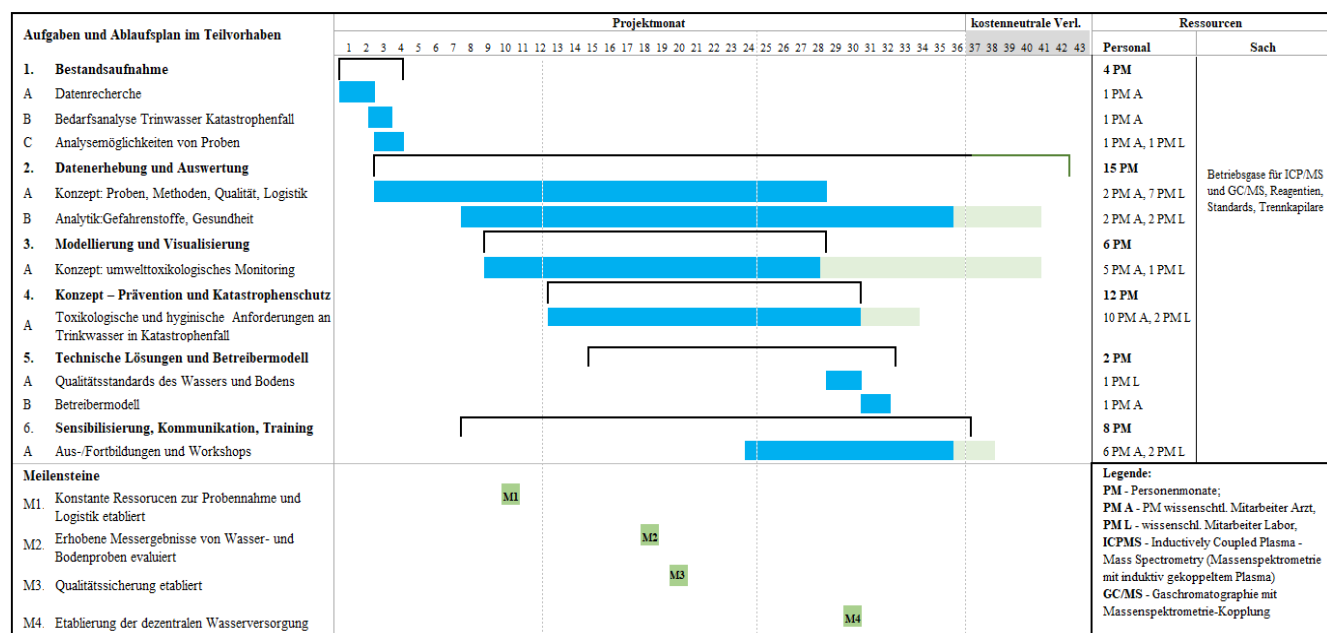
Das übergeordnete Ziel besteht darin, während Flutereignissen sicheres Trinkwasser bereitzustellen, das frei von gefährlichen chemischen Belastungen ist. In den drei Pilotgebieten sollen durch Probenahmen der Wasser- und Bodenqualität die Voraussetzungen für einen sicheren und stabilen Betrieb der dezentralen Trinkwasseraufbereitungsanlagen im Katastrophenfall geschaffen werden. Weiterhin können die in den Pilotgebieten etablierten Verfahren, Abläufe und Netzwerke für ein Umweltmonitoring, ohne externe Unterstützung, durch bereits vorhandene Routinen zur Probenahme, Analyse und Durchführung präventiver Maßnahmen auf andere Regionen mit ähnlichen Gefährdungen übertragen werden. Die Probenahme von Wasser und Boden dient nicht nur der Unterstützung des Betriebs der Trinkwasseraufbereitungsanlagen, sondern auch der allgemeinen Erfassung von Gefahrenquellen in einem Kataster. Diese Daten der Kontaminationen und Gefahrenquellen sollen in einer Datenbank erfasst und anschließend in einem geografischen Informationssystem (GIS) ausgewertet werden.

Die Umsetzung der Arbeiten erfolgt integrativ und partizipativ, insbesondere in Zusammenarbeit mit lokalen Partnern. In Kooperation mit den lokalen Stakeholdern und den vor Ort verfügbaren Laborkapazitäten werden Strategien zur routinemäßigen Überwachung der Trinkwasserressourcen sowie Konzepte für ein rasches Handeln im Katastrophenfall entwickelt und etabliert, die auf spezifische Belastungssituationen abgestimmt sind. Mitarbeiter der Labore und Studierende der beteiligten Forschungseinrichtungen erhalten die Möglichkeit, aktiv am wissenschaftlichen Konzept mitzuwirken.

3. Umsetzungskonzept und geplante Prozessschritte

Die Umsetzung der im ersten Kapitel genannten Zielstellung des Teilvorhabens erforderte die Entwicklung eines strukturierter Konzepts, das aufeinander aufbauende und eng miteinander verzahnte Aufgabenfolgen und Prozessschritte umfasste. Dabei wurden die Arbeitsergebnisse systematisch durch vordefinierte Projektmeilensteine evaluiert, um den Fortschritt zu überwachen und die Zielerreichung sicherzustellen. Für die gesamte Dauer des Projektvorhabens wurden sechs umfassende und aufeinander aufbauende Arbeitspakete konzipiert, die kooperativ und interdisziplinär im Rahmen des Projektverbunds bearbeitet wurden. Die nachfolgende Abbildung illustriert detailliert die spezifischen Aufgaben, deren prozessuale Abfolge sowie die Zuordnung der einzelnen Projektaufgaben zum Teilvorhaben. Darüber hinaus werden in der Abbildung die geplanten Ressourcen dargestellt, die für die Umsetzung der jeweiligen Aufgaben geplant wurden. Diese Visualisierung gibt die klare Struktur und effiziente Koordination der interdisziplinären Anstrengungen innerhalb des Projekts wieder.

Abbildung 2: Aufgaben und Ablaufplan des Teilvorhabens



Quelle: Eigene Darstellung

Um die definierte Zielstellung des Teilvorhabens zu erreichen, wurden die Arbeiten in sechs zentrale, miteinander verflochtene Teilaufgaben gegliedert: 1. Bestandsaufnahme, 2. Durchführung und Auswertung, 3. Modellierung und Visualisierung, 4. Entwicklung von Konzepten zur Prävention und zum Katastrophenschutz, 5. Implementierung technischer Lösungen und Erarbeitung eines Betreibermodells für die Wasseraufbereitungsanlage, sowie 6. Sensibilisierung, Kommunikation und Schulung. Diese Teilaufgaben bildeten das Rückgrat der Projektaktivitäten, um die Herausforderungen der sicheren Trinkwasserversorgung, insbesondere während und nach einem Katastrophenfall, zu bewältigen. In den folgenden Kapiteln werden die durchgeführten Arbeiten sowie deren Ergebnisse und Erkenntnisse detailliert vorgestellt. Zusätzlich erfolgt ein Vergleich zwischen der ursprünglich geplanten Durchführung und der tatsächlichen Umsetzung des Projektes.

4. Durchgeführte Arbeiten

Dieses Kapitel bietet einen umfassenden Einblick in die umfangreichen Maßnahmen und Arbeiten, die zur Erreichung der definierten Zielstellung des Teilvorhabens unternommen wurden. Es strukturiert sich entlang der sechs zentralen Teilaufgaben, die in chronologischer Reihenfolge präsentiert werden, um ein robustes und ganzheitliches Verständnis der Projektdurchführung zu vermitteln. Jede Teilaufgabe - beginnend mit der Bestandsaufnahme über die Durchführung und Auswertung bis zur Modellierung, Entwicklung von Präventionskonzepten, Implementierung technischer Lösungen und Sensibilisierung - wird eingehend behandelt, um einen transparenten Vergleich zwischen der ursprünglichen Planung und der tatsächlichen Umsetzung sowie der dafür benötigten Ressourcen zu ermöglichen.

4.1. Bestandsaufnahme

Im Rahmen der Bestandsaufnahme erfolgte eine umfassende Untersuchung und Bewertung der vorhandenen Ressourcen vor Ort in Kamerun, die für die Durchführung des Teilvorhabens genutzt werden sollten. Diese Bestandsaufnahme wurde in enger Zusammenarbeit zwischen den labortechnischen und medizinischen Fachkräften des Instituts für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin durchgeführt. Sie umfasst die Evaluierung der verfügbaren labortechnischen Ausstattung sowie die Erhebung struktureller und organisatorischer Ressourcen sowie die Auswertung kontextbezogener wissenschaftlicher Literatur, die für das Projekt relevant sind. Zusätzlich wurden die fachlichen Kompetenzen und Kapazitäten des kamerunischen Partners ermittelt und bewertet, um sicherzustellen, dass alle erforderlichen Ressourcen für die erfolgreiche Umsetzung des Projekts optimal genutzt werden können.

Tabelle 1: Bestandsaufnahme – Überblick

Bestandsaufnahme - Abklärung der vor Ort vorhandenen und nutzbaren Ressourcen. Die Abklärung umfasste sowohl die Prüfung labortechnischer Ressourcen als auch die Eruierung struktureller, organisatorischer Ressourcen sowie fachlicher Kompetenzen vor Ort.	
Geplanter Zeitraum der Teilaufgabe	Projektmonat 1 bis Projektmonat 12
Geplante personelle Ressourcen:	Insgesamt 4 Personenmonate aufgeteilt auf: - 3 Personenmonate medizinischer Mitarbeiter, 1 Personenmonat labortechnischer Mitarbeiter
Geplante Sachressourcen	Reisekosten Deutschland – Kamerun
Struktureller Aufbau der Teilaufgabe	1. Datenrecherche 2. Bedarfsanalyse der Trinkwasserversorgung im Katastrophenfall 3. Analysemöglichkeiten von Proben
Datenrecherche Eine Quellen- und Literaturrecherche, differenzierten, möglicherweise durch toxische Gefahrstoffe bedingten Diagnosen der in den Gesundheitseinrichtungen der Pilotgebiete behandelten Patienten wurde durchgeführt	<p>Beschreibung:</p> <p>Literaturdatenbank-Recherche: Eine systematische Suche in internationalen umwelttoxikologischen Publikationen wurde durchgeführt, um relevante Themen wie Kamerun, Überflutung, Monitoring, Public Health, Gefahrstoffe, Toxikologie und damit zusammenhängende Erkrankungen zu erfassen. Der Untersuchungszeitraum umfasste die Jahre 1998 bis 2020. Ziel war es, bestehende wissenschaftliche Erkenntnisse zu diesen Themenbereichen zu sammeln und zu bewerten. Insgesamt konnten, Stand 2021, 110 Publikationen identifiziert und ausgewertet werden. Als Ergebnis der Recherchearbeit, insbesondere für den wissenschaftlichen Bereich, kann festgehalten werden, dass im genannten Themenkomplex, größere Wissenslücken bestehen. Es konnten keine relevanten Publikationen, Case Studies oder strukturierten Berichte bzw. freizugänglichen Datensätze für die Zielregion erfasst werden. Dies war einerseits nachteilig, um z.B. den Wissenstand zur toxikologischen Wasser- und Bodenbelastung, auch im Vorfeld der Beprobung, im Zielgebiet zu erfassen und die vorhandenen wissenschaftlichen Erkenntnisse in das Konzept des Umweltmonitorings einfließen zu lassen, andererseits bot es eine Chance proaktiv diese wissenschaftliche Lücke durch eigene Arbeiten zu schließen.</p> <p>Auswertung aktueller WHO-Ratgeber: Die neuesten Ratgeber und Berichte der Weltgesundheitsorganisation (WHO) wurden ebenfalls ausgewertet. Diese umfassten Themen wie Wasserbedarfsanalyse, Trinkwasseraufbereitung, Notfallhilfe, Erkrankungen infolge von Flutereignissen, chemische Wasserbelastung und umwelttoxikologische Gefährdungsbeurteilungen.</p> <p>Ermittlung geltender Richtlinien: Zusätzlich wurde nach aktuellen Richtlinien in Kamerun zur Trinkwasserqualität und zum Umwelt-Monitoring von Wasser und Böden gesucht.</p> <p>Ergebnis: Es konnten keine Hinweise auf veröffentlichte oder auf Antrag zugängliche interne Berichte mit den gesuchten Daten gefunden werden.</p> <p>Lösungsansatz: Der Kooperationspartner, Leiter des toxikologischen Labors in Jaunde Kamerun, unterstützte bei weiteren Versuchen der Erhebung, Beschaffung und Vervollständigung der Daten vor Ort. Trotz seiner Arbeiten konnten keine strukturierten Berichte oder erfassten, zugänglichen Datensätze identifiziert werden. Die Erfassung der Daten wurde daher im Umweltmonitoringkonzept verankert.</p>
Bedarfsanalyse der Trinkwasserversorgung im Katastrophenfall Die Bestimmung des Trinkwasserbedarfs im Katastrophenfall wurde gemeinsam mit dem Verbundpartner, dem Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH	<p>Beschreibung:</p> <p>Ansatz: Die Bedarfsanalyse für Trinkwasser im Katastrophenfall stützte sich auf Empfehlungen der World Health Organization (Technical Notes on Drinking-Water, Sanitation and Hygiene in Emergencies, No. 9, WHO 2013) und geht von einem Bedarf von 7,5 bis 15 l pro Person und Tag für Trinken, einfache Hygiene und Nahrungszubereitung je nach Dauer des Katastrophenfalls aus.</p> <p>Ergebnis: Die Zahl der betroffenen Anwohner und damit der benötigten Menge sauberen Wassers kann unter Berücksichtigung von Fluktuationen aufgrund von Extremwetterereignissen, dem Anteil der Bevölkerung mit sicherem Zugang zu Trinkwasser sowie durch bessere Kenntnis der lokalen Verhältnisse abgeschätzt werden. Dies gilt auch für die zu erwartende Schwere und den tatsächlichen Effekt solcher Ereignisse, die von einer geringfügigen Verknappung oder Verteuerung sauberen Wassers für einige Anwohner bis hin zur völligen Unterbrechung der Wasserversorgung für alle in der Pilotregion reichen können. In den Pilotregionen mit mehreren Zehntausend Anwohnern wird im Katastrophenfall der Bedarf an sauberem Wasser deutlich über dem verfügbaren Angebot liegen. Eine Wasseraufbereitungsanlage (PAULA-Anlage) mit einer maximalen Produktionsmenge von 4000 Litern pro Tag ist unter diesen Umständen dringend erforderlich und kann dazu beitragen, die Lücke zwischen</p>

<p>Aachen (FiW) eruiert.</p>	<p>Angebot und Bedarf an Trinkwasser zu verringern oder zu schließen. Die Aufgabe der PAULA-Anlage im Projekt wird daher als wichtiger Beitrag zur Notversorgung definiert, der andere Nothilfemaßnahmen ergänzt und im Rahmen des vorgesehenen Krisenkonzepts koordiniert werden muss.</p>
<p>Analysemöglichkeiten von Wasser- und Bodenproben im Partnerlabor Centre Pasteur (CP), Yaounde – Ressourcen, Ausstattung, Methodik</p> <p>Bestandsaufnahme und Abgleich der Analysemöglichkeiten am Centre Pasteur in Yaounde wurde durchgeführt.</p> <p>Dies erfolgte in enger fachlicher Abstimmung zwischen den Leitern der Partnerlabore (Aachen/Jaunde). Die Abstimmung war aufgrund der Reisebeschränkungen nur digital (Zoom), per Mail und telefonisch möglich.</p>	<p>Beschreibung:</p> <p>Ansatz: Im fachlichen Austausch wurde eine Bewertung der infrastrukturellen und technischen Ausstattung, vorhandenen Ressourcen sowie des Fachwissens und der Analysemöglichkeiten beider Labore vorgenommen.</p> <p>Ergebnis: Zwischen den Partnerlaboren bestehen erhebliche Diskrepanzen hinsichtlich der infrastrukturellen und technischen Ausstattung sowie der vorhandenen Ressourcen und Analysemöglichkeiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Das Centre Pasteur (CP) ist primär auf die Analyse von Lebensmitteln und Wasser spezialisiert. - Schwermetallbelastungen in Wasserproben können am CP in Jaunde mittels Atomabsorptionsspektroskopie (AAS) analysiert werden, auch in größeren Probenmengen. Voraussetzung hierfür ist jedoch die regelmäßige Wartung des Messgeräts, die nicht immer gewährleistet ist, sowie die Verfügbarkeit der Verbrauchsmaterialien (Lampen für das Atomabsorptionsspektrometer) und Brennstoffe (Acetylen). Einheitliche Qualitätsstandards wurden sowohl auf deutscher als auch auf kamerunischer Seite erarbeitet, um reproduzierbare und korrekte Analysen sicherzustellen. - Das konzipierte Non-Target-Verfahren kann aufgrund fehlender technischer Ressourcen am CP nicht durchgeführt werden. - Am CP in Jaunde ist keine Analyse von Bodenproben möglich. <p>Folgen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aufgrund fehlender Gerätekomponenten und Versorgungsengpässe bei Verbrauchsmaterialien und Brennstoffen am Messplatz des Partnerlabors in Jaunde wurden sämtliche Analysen von leicht- und schwerflüchtigen Elementen im umwelttoxikologischen Labor am Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der Uniklinik RWTH Aachen (IASU) durchgeführt. - Da das CP keine Analysen der Bodenproben durchführen konnte, wurde auch diese Auswertung am IASU vorgenommen. Die Analyseergebnisse wurden dem CP zur Verfügung gestellt. <p>Maßnahmen: Aufbau fachlicher Kompetenzen und Training - Schulung und Training im Non-Target-Verfahren:</p> <p>Der Leiter des umwelttoxikologischen Labors in Jaunde absolvierte einen 10-wöchigen Forschungsaufenthalt am IASU, während diesen er in der Methodik des Non-Target-Verfahrens für Wasser- und Bodenanalytik geschult wurde. Die erlernte Methodik wird von ihm für seine Promotion verwendet, die den Einsatz des Non-Target-Verfahrens bei der Wasser- und Bodenanalytik im Katastrophenfall thematisiert.</p>
<p>Vergleich zur ursprünglichen Planung</p>	<p>1. Datenrecherche</p> <p>Die Auswertung der Recherche zum Themenfeld der differenzierten Diagnosen von Patienten in den Gesundheitseinrichtungen der Pilotgebiete, möglicherweise bedingt durch toxische Gefahrstoffe im Wasser, zeigte erhebliche Lücken in der Datenverfügbarkeit und -zugänglichkeit. Da eine vollständige Datenrecherche jedoch keine Voraussetzung für die Aufnahme der Feldarbeit zur Probensammlung und -analyse war, stellten die aufgedeckten Datenlücken kein Hindernis für die weiteren Projektschritte dar</p> <p>2. Bedarfsanalyse der Trinkwasserversorgung im Katastrophenfall</p> <ul style="list-style-type: none"> - Keine Abweichung zur ursprünglichen Planung <p>3. Analysemöglichkeiten von Wasser- und Bodenproben im Partnerlabor Centre Pasteur (CP), Yaounde – Ressourcen, Ausstattung, Methodik</p> <p>Der fachliche Austausch zur Bewertung der infrastrukturellen und technischen Ausstattung, der vorhandenen Ressourcen sowie des Standes der Fachexpertise und Analysemöglichkeiten beider Labore offenbarte erhebliche Diskrepanzen. Das Centre Pasteur in Jaunde verfügte nicht über die erforderlichen Geräte und Betriebsstoffe für eine umfassende toxikologische Analyse von Wasser und Boden, insbesondere im Hinblick auf das geplante Umweltmonitoring. Daher wurden die gesammelten Wasser- und Bodenproben im umwelttoxikologischen Labor des IASU in Aachen analysiert, und die Ergebnisse wurden dem kamerunischen Partner zur Verfügung gestellt. Hierfür musste die Transportlogistik der gesamten Proben zum Labor in Aachen etabliert werden. Dies umfasste die Probennahme, -lagerung und Versendung.</p> <p>Diese Diskrepanz verhinderte die geplante engere analytische Zusammenarbeit der Labore, bei der das Aachener Labor als Referenzlabor für Ringversuche fungieren sollte. Zudem war es notwendig, Schulungsmaßnahmen zur Methodik des Non-Target-Verfahrens durchzuführen.</p> <p>Vergleich zwischen geplanten und für die Umsetzung der Teilaufgabe notwendigen Ressourcen</p>

	<p>Retrospektiv betrachtet wurden mit 4 Personenmonaten nicht ausreichend Ressourcen für die Umsetzung der Teilaufgabe geplant. Die unzureichende Daten- und Literaturlage führte dazu, dass weitere, vertiefende und somit zeitaufwendige Rechenschleifen durchgeführt werden mussten. Die Reisebeschränkungen im Zuge der Covid-Pandemie verhinderten eine vermutlich effizientere Datenrecherche vor Ort, sodass nur eine aufwendigere Desktop-Recherche mit anschließenden digitalbasierten Rücksprachen möglich war.</p> <p>Zukünftiger Nutzen der Erkenntnisse und Verwertbarkeit:</p> <p>Die identifizierten Datenlücken in Bezug auf die Bewertung wasserassoziierter gesundheitlicher Folgen von klimabedingten Überschwemmungs- und Dürreereignissen sollten durch systematische Datenerhebung und toxikologische Erfassung geschlossen werden. Dies kann durch die Etablierung eines kontinuierlichen Umweltmonitorings in den Pilotgebieten umgesetzt werden. Voraussetzung hierfür ist eine umfassende Ausstattung des Labors in Kamerun mit den erforderlichen Geräten und Betriebsstoffen.</p> <p>Die durchgeführte Schulung in der Methodik des Non-Target-Verfahrens leistet einen nachhaltigen Beitrag zur zukünftigen Umsetzung des Umweltmonitorings. Die wissenschaftliche Verwertung der Erkenntnisse erfolgt im Rahmen eines Promotionsverfahrens zum Thema „Einsatz von Non-Target-Verfahren bei der Wasser- und Bodenanalytik im Katastrophenfall“. Dieses Promotionsvorhaben wird vom Leiter des umwelttoxikologischen Labors in Jaunde verfolgt und wissenschaftlich am IASU betreut. Es ist geplant die Ergebnisse der Promotionsarbeit nach ihrer Erstellung international zu veröffentlichen.</p>
--	--

4.2. Datenerhebung und -auswertung

Im folgenden Kapitel werden die notwendigen Aufgaben zur Bestimmung der Trinkwasserqualität und toxikologischen Belastung des Bodens in Überflutungszonen der Pilotgebiete sowie zur Erhebung und Strukturierung relevanter Gesundheitsdaten und Gefahrstoffrisiken erläutert. Für die erfolgreiche Umsetzung dieser Aufgaben war nicht nur eine enge Zusammenarbeit zwischen labortechnischen und medizinischen Mitarbeitern des Instituts für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der Uniklinik RWTH Aachen erforderlich, sondern auch eine interdisziplinäre Kooperation mit dem Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn sowie den kamerunischen Partnern.

Für die toxikologischen Analysen und den Aufbau des Umweltmonitoring-Konzepts wurden Wasser- und Bodenproben gesammelt und auf Indikatorsubstanzen, Keime sowie chemisch-physikalische Eigenschaften untersucht. Aufgrund der limitierten Ressourcen des Labors im Centre Pasteur in Jaunde wurden die gesammelten Proben im Labor des IASU in Aachen umwelttoxikologisch analysiert, wie bereits in Kapitel 4.1 dargelegt.

Das Konzept zur kontinuierlichen Überwachung der Wasserqualität erforderte angepasste Verfahren für Probenahme, Bewertung, Lagerung und Transport sowie Schulungen für lokale Helfer. Eine Etablierung und Verstetigung dieser Verfahren sollte eine zuverlässige Überwachung der Entnahmestellen auch über das Projekt hinaus sicherstellen, im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung.

In Zusammenarbeit mit Projektpartnern wurde ein GIS-gestütztes System konzipiert, das die Ergebnisse laborgestützter Analysen, Schnelltests und gesundheitsbezogener Daten (Gesundheitskataster) integriert. Die GIS-gestützte Erfassung und Visualisierung bildet die Grundlage für Interventionen bei Grenzwertüberschreitungen und technische Anpassungen der Wasseraufbereitung.

Die Umsetzung dieser Teilaufgaben trägt zur Schließung von Datenlücken und zum Aufbau des Umweltmonitorings in den Pilotregionen bei. Die etablierten Methoden und die entwickelte GIS-gestützte Systematik bieten eine nachhaltige Grundlage für zukünftige Arbeiten, insbesondere im Kontext klimabedingter Naturereignisse wie Überschwemmungen und Dürren.

Tabelle 2: Datenerhebung und- auswertung – Überblick

<p>Datenerhebung und -auswertung - Die Arbeiten zielen darauf ab, die Qualität der Trinkwasserressourcen in den Pilotgebieten zu bestimmen und gleichzeitig die toxikologische Belastung des Bodens in Überflutungszonen zu bewerten. Ein wesentlicher Bestandteil des Vorhabens ist die umfassende Erhebung lokaler Daten sowie die Identifizierung potenzieller gesundheitlicher Gefährdungen durch Gefahrstoffe. Zentral ist die Strukturierung und Erfassung sämtlicher relevanter Daten in einem spezialisierten gis-gestützten Datensystem, das eine integrierte und systematische Bewertung der Entnahmeorte ermöglicht.</p>	
Geplanter Zeitraum der Teilaufgabe	Projektmonat 3 bis 36

Geplante personelle Ressourcen:	Insgesamt 15 Personenmonate aufgeteilt auf: - 4 Personenmonate medizinischer Mitarbeiter; 11 Personenmonat labortechnischer Mitarbeiter
Geplante Sachressourcen	Labor: - Betriebsgase für ICP/MS und GC/MS (Argon und Helium) - Laborreagentien (Lösungsmittel, Säuren etc.) - Deuterierte und C13 markierte Standards - Trennkapillaren (5er und 624er) Reisekosten: Deutschland-Kamerun
Struktureller Aufbau der Teilaufgabe	1. Probennahme/-analyse zur Bestimmung der Qualität von Trinkwasserressourcen 2. Aufbau eines Datenbanksystems
<p>Probennahme/-analyse zur Bestimmung der Trinkwasserressourcen</p> <p>Umwelttoxikologische Analysen wurden durchgeführt. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit (IHPH) wurde festgelegt, welche Probenarten in welchen Einrichtungen mit welchen Methoden auf spezifische Parameter (Indikatorsubstanzen, Keime, chemisch-physikalische Eigenschaften) analysiert werden sollen. Für die Probenahme wurden detaillierte Verfahrensanweisungen und Schulungsmaterialien erstellt und den Probennehmern zur Verfügung gestellt. Die benötigten Materia-</p>	<p>Beschreibung:</p> <p>Probensammlung: In Zusammenarbeit mit dem Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit/Public Health (IHPH) wurde festgelegt, welche Probenarten in welchen Einrichtungen und mit welchen Methoden auf spezifische Parameter (Indikatorsubstanzen, Keime, chemisch-physikalische Eigenschaften) analysiert werden sollen. Für die Probensammlung wurden detaillierte Verfahrensanweisungen und Schulungsmaterialien bereitgestellt. Darüber hinaus wurden die Entnahmestellen der Proben georeferenziert erfasst, um eine präzise Verortung und spätere Analyse der Daten zu ermöglichen. Des Weiteren wurden die erforderlichen Materialien für die Probenahme sowie Schnelltests zur Verfügung gestellt. Die Logistik für den Versand der Proben nach Deutschland wurde in Abstimmung mit dem Centre Pasteur (CP) organisiert und vom IASU koordiniert. Der Paketdienst DHL wurde mit dem Transport der Proben beauftragt, die am CP in Yaoundé abgeholt und nach Aachen versendet wurden. Alle notwendigen Zollformalitäten wurden ebenfalls von Aachen aus erledigt. Durch die qualitätsgesicherte Festlegung der Sammelroutinen können valide Hinweise auf Gefahrstoffdepots im Gefahrstoffkataster, die Lage und Verteilung der Oberflächengewässer und Wasserentnahmestellen sowie die Verteilung der durch Flutwasser gefährdeten Gebiete auch nach Projektende eruiert werden. Die georeferenzierte Erfassung der Entnahmestellen trägt dabei entscheidend zur Genauigkeit und Nachvollziehbarkeit der Umweltüberwachung bei. Dies ermöglicht eine nachhaltige und langfristige Überwachung der Umweltbedingungen, unterstützt durch modernste Geoinformationssysteme, um zukünftige Risiken frühzeitig zu identifizieren und entsprechende Maßnahmen zu ergreifen.</p> <p>Umwelttoxikologische Analysen: Die Analysen der gesammelten Proben wurden methodisch mit dem umwelttoxikologischen Non-Target-Verfahren durchgeführt. Dieses Verfahren ermöglicht eine umfassende Identifikation von Schadstoffen, ohne dass vorher spezifische Zielsubstanzen definiert werden müssen. Dadurch können auch unerwartete oder unbekannte Kontaminanten detektiert werden. Die anorganischen Parameter werden mit induktiv gekoppelter Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS) analysiert. Hierbei wird zwischen festen und flüssigen Proben unterschieden. Die wässrigen Proben können verhältnismäßig einfach durch vorherige Verdünnung vermessen werden. Feste Proben müssen zuvor durch das Mikrowellendruckaufschlussverfahren verflüssigt werden. Für die organischen chemischen Parameter werden verschiedene Gaschromatographie / Massenspektrometrie (GC/MS) - Messsysteme verwendet. Hierbei werden die flüchtigen Parameter mit der Head-Space-Technik erfasst und die nichtflüchtigen Parameter nach Extraktion mit Dichlormethan im Full-Scan und SIM – Verfahren im Non-Target-Modus untersucht.</p> <p>Im Bereich der Anorganik wurden die Proben im umwelttoxikologischen Labor des IASU auf eine breite Palette von Elementen geprüft, darunter Aluminium, Antimon, Arsen, Barium, Beryllium, Blei, Bor, Cadmium, Calcium, Chrom, Cobalt, Eisen, Kalium, Kupfer, Magnesium, Mangan, Molybdän, Natrium, Nickel, Phosphor, Quecksilber, Rubidium, Selen, Strontium, Tellur, Thallium, Uran, Vanadium, Zink und Zinn. Auf der organischen Seite umfassten die Analysen leichtflüchtige und schwerflüchtige Bestandteile, um eine umfassende Bewertung der chemischen Belastung zu ermöglichen. Im Rahmen der umwelttoxikologischen Analysen konnten an verschiedenen Entnahmestellen sowohl im Boden als auch im Wasser Schadstoffe nachgewiesen werden. In den Bodenproben wurden anorganische Parameter wie Chrom sowie organische Parameter wie Mineralölkohlenwasserstoffe festgestellt. In den Wasserproben traten Blei und Nickel in Konzentrationen auf, die potenziell gesundheitsschädlich sein könnten. Organische Belastungen wurden in diesen Wasserproben jedoch nicht detektiert.</p> <p>Ein erstes Ergebnis der umwelttoxikologischen Untersuchung ist die Analyse der Probenentnahme am Standort Health Center SOA. Diese Entnahmestelle umfasst einen Handpumpenbrunnen, der seit 1993 der Trinkwasserversorgung der lokalen Bevölkerung dient. Die Wasserprobe wurde aus einer Tiefe von etwa 30 Metern entnommen</p>

<p>lien für die Probenahme sowie die Logistik für den Versand der Proben nach Deutschland wurden in Abstimmung mit dem Centre Pasteur (CP) organisiert.</p>	<p>und unter Anwendung des Non-Target-Verfahrens analysiert, das sowohl organische als auch anorganische Parameter weitgefächert untersucht. Die Analysen der leichtflüchtigen organischen Bestandteile ergaben niedrige Konzentrationen von Kohlenstoffdisulfid, Chloroform und Benzol, die jedoch als nicht gesundheitsschädlich eingestuft werden können. Die Untersuchung schwerflüchtiger organischer Bestandteile zeigte hingegen erhöhte Gehalte von Phthalsäureester, Hexandikarbonsäureester und alkylierten Hexenen sowie Spuren polyzyklischer Kohlenwasserstoffe wie Naphthalin, Acenaphthylen, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthen und Pyren. Diese Verbindungen könnten entweder aus dem Probengefäß (Kunststoffflasche) stammen oder durch Auswaschungen von Plastikabfällen wilder Deponien in das Brunnenwasser gelangt sein. Die Analyse der anorganischen Bestandteile umfasste Parameter wie Aluminium, Arsen, Bor, Barium, Beryllium, Calcium, Cadmium, Cobalt, Chrom, Kupfer, Eisen, Quecksilber, Kalium, Magnesium, Mangan, Molybdän, Natrium, Nickel, Phosphor, Blei, Rubidium, Antimon, Selen, Zinn, Strontium, Tellur, Thallium, Uran, Vanadium und Zink. Hierbei fiel insbesondere Quecksilber mit einem leicht erhöhten, aber nicht besorgniserregenden Wert auf, was ebenfalls auf den Einfluss wilder Deponien zurückzuführen sein könnte. Die georeferenziert erfasste Entnahmestelle Health Center SOA und die systematische Bewertung der Ergebnisse ermöglichen eine präzise Identifikation und Klassifizierung der Schadstoffe samt ihren potentiellen gesundheitlichen Auswirkungen. Ferner konnten mögliche Kontaminations- und Eintragsquellen eruiert werden. Angesichts dieser Befunde eignet sich der Standort Health Center SOA für die Installation und den Betrieb der Wasseraufbereitungsanlage, da er gesundheitlich unbedenkliche Belastungsgrade aufweist. Jedoch bildet eine kontinuierliche Überwachung und effektive Kontrolle der Wasserqualität nach der Installation der Anlage eine wesentliche Bedingung für den Betrieb der Anlage dar.</p> <p>Als weitere Messpunkte dienten die Pilotregionen Soa, Makepe (Douala) und Ngouso (Jaunde). In Soa waren Aluminium, Nickel, Quecksilber und PAKs (Polyaromatische Kohlenwasserstoffe) auffällig. Aluminiumverbindungen werden in der Wasseraufbereitung eingesetzt und es wird vermutet, dass die gefundenen Werte dort ihren Ursprung haben. Es kann Gesundheitsrisiken bergen (z.B. Phosphatmangel). Nickel hat seinen Ursprung oft aus Nickelbeschichtungen von Küchen- und Sanitärarmaturen oder Ventilen, aus Düngung in der Landwirtschaft und/oder Verbrennungen in Großfeuerungsanlagen. Durch mögliche Veränderungen des pH-Werts kann es dann zu erhöhten Freisetzungen ins Wasser kommen. Nickel kann zu gesundheitlichen Problemen führen. Quecksilber wird bei der elektrolytischen Herstellung von Chlor, in elektrischen Geräten, in Zahnamalgam und als Ausgangsstoff für verschiedene Quecksilberverbindungen verwendet. Die Methylierung von anorganischem Quecksilber findet nachweislich in Süß- und Meerwasser statt. Quecksilber findet sich auch in Batterien und Energiesparlampen (wilder Abfall in und um Brunneninstallationen). Es kann zu Schädigungen des Nervensystems, der Nieren und des Magen-Darm-Trakts kommen. PAKs entstehen bei der unvollständigen Verbrennung von z.B. Holz, Kohle, Öl und im KFZ-Verkehr. Je niedriger die Temperatur und die Sauerstoffmenge bei der Verbrennung sind, desto unvollständiger ist die Verbrennung. PAK binden sich an Staub-/Rußpartikel und gelangen so in die Atmosphäre, aus der sie ausgewaschen werden können (Ablagerungen, Regen, Nebel) und schließlich in Trinkwasser und Lebensmitteln zu finden sind. Sie sind persistent, reichern sich im Körper an und sind giftig / krebserregend.</p> <p>Makepe (Douala) waren neben Aluminium, Quecksilber und PAKs noch Blei auffällig. Nickel wurde in den Proben nicht gefunden. Blei kann durch Bleirohre in Hausinstallationen verursacht werden. Eine chronisch erhöhte Aufnahme kann zu Blutbildungsstörungen, Nierenfunktionsstörungen oder Nervenschäden führen.</p> <p>In dem eher ländlich geprägten Ngouso (Jaunde) ist vorwiegend Quecksilber auffällig gewesen. Als Ursprung werden hier Brunnenverunreinigungen und Frischwasserkontaminationen vermutet.</p>
<p>Aufbau eines Datenbanksystems Aufbau eines gis-gestütztes Gefahrenstoffkataster für biologische und chemische Noxen</p>	<p>Beschreibung: Gis-gestütztes Gefahrenstoffkataster für biologische und chemische Noxen:</p> <p>Für die Umsetzung wurde in enger Zusammenarbeit mit Projektpartnern ein GIS-gestütztes Datensystem entwickelt und implementiert, das nicht nur während des Projekts, sondern auch langfristig für weitere Untersuchungen Wasser- und Bodenuntersuchungen sowie Monitoringmaßnahmen eingesetzt werden kann. Dieses System dient als zentrale Plattform zur Sammlung und Strukturierung von Ergebnissen aus laborgestützten Analysen, Schnelltests sowie gesundheitsbezogenen Daten (Gesundheitskataster). Die Implementierung erfolgte nach einer detaillierten Untersuchungsroutine, die im Verlauf des Projekts festgelegt wurde. Die klare Struktur und Benutzerfreundlichkeit des Systems ermöglichen eine zeitnahe Identifikation von Grenzwertüberschreitungen und eine gezielte Anpassung der Wasseraufbereitungsverfahren. Besonders hervorzuheben ist die Einbindung von OpenStreetMap-basierten und freizugänglichen kartografischen Daten, die eine nahtlose Integration der kamerunischen Partner ermöglicht und die Grundlage für eine präzise Standortbestimmung sowie eine effektive Umweltüberwachung bildet. Ein zentrales Element zur Bewertung der toxikologischen Situation war die Einführung eines Gefahrstoffkatasters. Dieser umfasste die systematische Erfassung und Klassifizierung gesundheitsrelevanter chemischer Belastungen von Wasser und</p>

	<p>Boden. Durch die Analyse potenzieller Eintragspfade und die Verknüpfung mit Fernerkundungsdaten wie Luftbildern konnte eine umfassende Bewertung der Umweltbedingungen vorgenommen werden.</p> <p>Die erzielten und gis-gestützten Ergebnisse lieferten wichtige Erkenntnisse einerseits für die Standortwahl und den Betrieb der Wasseraufbereitungsanlage, andererseits für eine effiziente Möglichkeit zur systematischen Überwachung und Kontrolle der trinkwasserrelevanten Umweltverschmutzung. Dieses fortlaufende GIS-Datensystem trägt entscheidend zur nachhaltigen Nutzung der Umweltressourcen und zum Schutz der öffentlichen Gesundheit bei, insbesondere in Regionen, die häufig von Naturereignissen wie Überschwemmungen betroffen sind.</p> <p>In die das gis-gestützte Systemen wurde ein Katalog potentieller umwelttoxikologischer Noxen samt ihren explizit beschriebenen gesundheitlichen Implikationen integriert. An dieser Stelle kann für umwelttoxikologische Noxen beispielhaft Arsen, das in verschiedenen Formen vorkommt, einschließlich anorganischem Arsen und organischen Arsenverbindungen genannt werden. Arsen ist als Karzinogen bekannt und kann bei längerer Exposition zu schwerwiegenden gesundheitlichen Problemen wie Lungen-, Haut- und Blasenkrebs führen. Diese Substanz kann auch das Nervensystem, das Herz-Kreislauf-System und andere lebenswichtige Organe schädigen. Hauptquellen für Arsenexposition sind häufig kontaminiertes Trinkwasser und bestimmte Lebensmittel.</p>
<p>Vergleich zur ursprünglichen Planung</p>	<p>1. Probennahme/-analyse zur Bestimmung der Trinkwasserressourcen</p> <p>Aufgrund der COVID-19 Pandemie gestaltete sich die Planung und insbesondere die Durchführung der Probenahme für Wasser und Boden in den Zielgebieten äußerst herausfordernd. Reisebeschränkungen erschwerten die detaillierte Abstimmung mit den Partnern vor Ort und die Entwicklung der Feldarbeitsprozesse. Ferner stellte der gesundheitliche Eigenschutz der Mitarbeiter sowie ihrer Angehörigen einen gewichtigen Grund auch nach Lockerungen der Reisebeschränkungen keine Begehungen vor Ort in Kamerun vorzunehmen. Das schwierige Umfeld hatte direkte Auswirkungen auf die Probennahme in der Zielregion und führte somit zu Verzögerungen bei der Konzeption des Umweltmonitorings und der Vorbereitung der erforderlichen Abläufe für die Durchführung umwelttoxikologischer Analysen. Kurze Einschätzungen der umwelttoxikologischen Situation in den Pilotgebieten waren aufgrund der genannten Umstände somit nicht möglich, was zu zeitlichen Verzögerungen im Projektverlauf führte. Die Logistik für die Probeentnahme und den Versand der Proben zum IASU wurde im Verlauf der Umsetzung der Teilaufgabe zielführend und endgültig etabliert jedoch nicht ohne bürokratische und organisatorische Hürden. Die Wasser- und Bodenproben, beispielsweise aus März 2022 wurden entgegen der ursprünglichen Planung zunächst an der Universität Yaoundé zwischengelagert und anschließend über CPC nach Aachen versendet.</p> <p>Aufgrund unzureichender Ausstattung des Partnerlabors mit benötigten Gerätekomponenten und Verbrauchsmaterialien war eine partizipative Durchführung der umwelttoxikologischen Analysen von Wasser und Boden nicht möglich. Ursprünglich war geplant, dass die Proben sowohl in Deutschland als auch in Kamerun ausgewertet werden sollten, wobei das umwelttoxikologische Labor IASU als Referenzlabor fungieren sollte. Da der Messplatz für Schwermetalle in Kamerun aufgrund fehlender Betriebsstoffe nicht in Betrieb genommen werden konnte, wurden sämtliche toxikologischen Laboranalysen letztlich beim IASU durchgeführt.</p> <p>2. Gis-gestütztes Gefahrenstoffkataster für biologische und chemische Noxen:</p> <p>Die oben beschriebenen Herausforderungen im Kontext der Probennahme und ihrer Analyse wirkten sich auf die Erstellung des Gis-gestütztes Gefahrenstoffkataster für biologische und chemische Noxen aus. Die Auswirkungen hatten vorwiegend einen zeitlichen Charakter. Die Beladung des Systems mit erhobenen und ausgewerteten Daten konnte nur mit einer Verzögerung stattfinden.</p> <p>Vergleich zwischen geplanten und für die Umsetzung der Teilaufgabe notwendigen Ressourcen</p> <p>Trotz dieser Herausforderungen konnte festgestellt werden, dass es außer bei der Zeitplanung keine wesentlichen Diskrepanzen zwischen den ursprünglich geplanten Ressourcen und denen, die für die Umsetzung der Teilaufgabe erforderlich waren, gab. Die Zusammenarbeit mit den Projektpartnern insbesondere FiW, IPHH und CP und die frühzeitige Identifizierung potenzieller Risiken ermöglichten es, adäquate Maßnahmen zu ergreifen, um sicherzustellen, dass die benötigten technischen, personellen und logistischen Ressourcen rechtzeitig zur Verfügung standen. Diese kooperative Herangehensweise half dabei, mögliche Engpässe zu minimieren und die Effizienz während der gesamten Durchführung der Wasser- und Bodenprobennahme sowie deren anschließender Analyse zu gewährleisten.</p> <p>Zukünftiger Nutzen der Erkenntnisse und Verwertbarkeit:</p> <p>Auch wenn Ereignisse wie Reisebeschränkungen zur Abwehr pandemischer Gefahren bei der Projektplanung schwer prognostizierbar sind, sollten solche Szenarien als potenzielle Projektrisiken einkalkuliert werden. Gut ausgearbeitete Verfahrensanweisungen sowie ein schriftlicher Plan für alternative Vorgehensweisen erleichtern den Umgang mit diesen Risiken und beschleunigen den Projektfortschritt erheblich. Durch vorausschauende Planung und flexible Strategien können Projekte resilienter gestaltet und unerwartete Herausforderungen effektiver bewältigt werden.</p>

	<p>Bezüglich der Verwertbarkeit werden die Ergebnisse aus dieser Teilaufgabe in die Erstellung einer wissenschaftlichen Publikation integriert. Diese Publikation wird sich auf die Erfassung biologischer und chemischer Noxen im Kontext der Trinkwasserversorgung im Katastrophenfall konzentrieren. Ziel ist es, die gewonnenen Daten und Erkenntnisse umfassend darzustellen und ihre Bedeutung für die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung unter extremen Bedingungen zu unterstreichen.</p>
--	---

4.3. Modellierung und Visualisierung

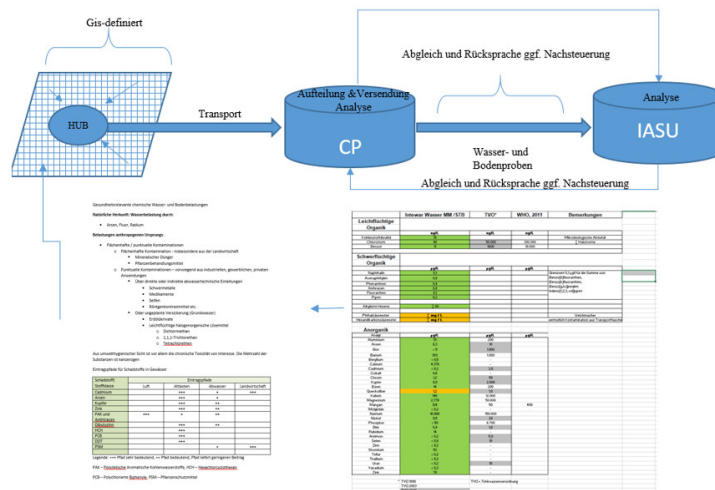
Dieses Kapitel erläutert die Arbeiten zur Entwicklung eines auf die lokalen Gegebenheiten der Zielgebiete abgestimmten Konzepts für ein umwelttoxikologisches Monitoring von Wasser und Boden. Ziel des Konzepts ist es, die kurz- und mittelfristigen Gefährdungen durch chemische Gefahrstoffe bei Überschwemmungsereignissen zu bewerten und kontinuierlich zu überwachen. Hierzu wurden Indikatorsubstanzen festgelegt, die Analysenverfahren spezifiziert und die Methodik der Probenahme definiert. Eine zentrale Rolle im Konzept spielt die Logistik der Probensammlung, einschließlich der Schutzmaßnahmen, des Einsatzes von Verbrauchsmaterialien, der Transportbehälter und der Schulung von Helfern. Das Zusammenwirken der beteiligten Akteure, bei der Feldarbeit, Transportdienst und Zentrallabor in Kamerun, wurde ebenfalls detailliert beschrieben. Die Ergebnisse der chemischen Charakterisierung von Grund- und Oberflächenwasser sowie Boden sollen zusammen mit den hygienisch-mikrobiologischen Parametern, die vom Institut für Hygiene und Public Health (IHPH) im Konzept integriert werden. Diese Datenzusammenführung bildet die Basis für den Betrieb der dezentralen Wasseraufbereitungsanlage (PAULA-Anlage), die eine Schlüsselrolle in der sicheren Trinkwasserversorgung einnimmt. Das Konzept zielt darauf ab, eine valide Datengrundlage für die Entwicklung von Strategien zur Katastrophenprävention und -bewältigung zu schaffen. Die Bewertung der kurz- und mittelfristigen Gefährdungen durch chemische Gefahrstoffe bei Überschwemmungsereignissen erfolgt dabei hauptsächlich durch medizinische Experten, unterstützt von der Labortechnik. Ein umfassendes Monitoring-Konzept zur Überwachung der Trinkwasserqualität wird entwickelt, und potenzielle Standorte für die Installation der PAULA-Anlage werden identifiziert und dargestellt.

Tabelle 3: Modellierung und Visualisierung – Das Umweltmonitoringkonzept

<p>Modellierung und Visualisierung - Das Monitoring toxischer Chemikalien in Trinkwasser und Böden liefert belastbare Daten und Erkenntnisse über den Zustand und die Entwicklung der Wassergüte an Standorten der Wasseraufbereitungsanlage. Es trägt maßgeblich zum gesundheitlichen Schutz der durch Flut- und Dürreereignisse betroffenen Bevölkerungsgruppen bei. Darüber hinaus informiert es über mögliche Veränderungen der Umweltbedingungen, sei es positiv oder negativ, und bildet somit die Grundlage für die Erfassung und Umsetzung von Gegenmaßnahmen. Konkret liefert das Monitoring Informationen zu Risiken für die Wasseraufbereitung an ausgewählten Standorten, einschließlich der Analyse von Extremereignissen, des Wasserhaushalts, wie etwa Brunnen, und Schadstoffeinträgen. Es bietet Grundlagen und Entscheidungshilfen für das Risikomanagement der Wasseraufbereitung und -entnahme, indem es gesundheitliche und technische Risiken sowie den Zugang zu Wasser bewertet. Durch kontinuierliches Monitoring stellt es Instrumente zur Kontrolle der Wirksamkeit ergriffener Maßnahmen bereit. Maßnahmen werden auf der Grundlage kausaler Ursache-Wirkungsbeziehungen definiert. Insgesamt bildet das Monitoring ein wesentliches Instrument zur Sicherstellung der Trinkwasserqualität und zum Schutz der Gesundheit in betroffenen Regionen. Das Konzept bezieht sich bei Auswertungen in erster Linie auf erhobene Daten, wie die Probenentnahme an Standorten der PAULA-Anlage und deren Analyse. Es schließt jedoch auch Betrachtungen der Belastungshistorie, insbesondere durch Bodenproben, mit ein. Dies erlaubt Projektionen zukünftiger Entwicklungen der möglichen Belastungen. Das Monitoring verwendet harmonisierte und qualitätsgesicherte Methodenstandards und fungiert als Referenzsystem in der labortechnischen Kooperation zwischen IASU und CP. Zudem nutzt das Konzept Modelle in der Herleitung und Bewertung von Indikatoren und implementiert ein Ampelsystem zur Bewertung.</p>	
Geplanter Zeitraum der Teilaufgabe	Projektmonat 9 bis 28
Geplante personelle Ressourcen:	Insgesamt 6 Personenmonate aufgeteilt auf: - 5 Personenmonate medizinischer Mitarbeiter; 1 Personenmonat labortechnischer Mitarbeiter
Geplante Sachressourcen	Reisekosten: Deutschland-Kamerun
Struktureller Aufbau der Teilaufgabe	1. Konzept für ein umwelttoxikologisches Monitoring von Wasser und Boden

<p>Konzept für ein umwelttoxikologisches Monitoring von Wasser und Boden</p> <p>Das Monitoringkonzept, das in Zusammenarbeit mit dem IHPH erstellt wurde, war konzeptionell aufgestellt. Es wurde pragmatisch und unter Berücksichtigung von Effizienzkriterien auf Basis der erhobenen Wasser- und Bodenproben umgesetzt. Das Konzept sieht vor, dass bei auffälligen Proben eine zeitlich definierte Nachbeobachtung und Auswertung im Zielgebiet erfolgen sollte, um singuläre und dauerhafte Belastungen an den Entnahmestellen zu identifizieren. Wenn Auffälligkeiten mittels ICP/MS-Mess-technik ohne Bestätigung des CPC (AAS) festgestellt werden, sollte das Centre Pasteur in Jaunde technisch in die Lage versetzt werden, durch den Einsatz spezieller AAS-Lampen die Analysen durchzuführen.</p>	<p>Beschreibung:</p> <p>Aufbau des Konzepts: Das Umweltmonitoringssystem ist strukturiert aufgebaut, um verschiedene toxikologische Aspekte der Umweltqualität systematisch zu erfassen und zu bewerten. An ausgewählten Mess- und Beobachtungsflächen werden Parameter zur Wassergüte sowie potenzielle Einflüsse von Umweltveränderungen und deren Auswirkungen auf die Gesundheit erhoben. Ziel ist es, Zeitreihen der Messdaten zu erstellen, um Ursache-Wirkungsbeziehungen zu identifizieren. Diese Daten bilden die Grundlage für eine kontinuierliche Überwachung der Umweltqualität und die Entwicklung von Gegenmaßnahmen. Die erhobenen Daten werden genutzt, um umwelttoxische Prozesse zu identifizieren, die auch auf ähnliche Standorte übertragbar sind. Eine Verknüpfung der Wasser- und Bodenproben ermöglicht somit die Extrapolation von Erkenntnissen auf andere Standorte. Dabei spielen retrospektive Analysen sowie die Projektion zukünftiger Entwicklungen eine wichtige Rolle, unterstützt durch GIS-basierte Systeme zur räumlichen Analyse. Die Auswahl der Mess- und Beobachtungsflächen erfolgt anhand definierter Kriterien wie der Abdeckung von Gewerbeeinheiten als potenzielle Eintragsquellen und der gleichmäßigen Verteilung im Umfeld des Standorts. Diese Flächen dienen als Grundlage für ein effizientes Monitoring, das sowohl langfristige toxische Einträge als auch kurzfristige Belastungen erfasst und analysiert. Die Ergebnisse sollen regelmäßig interpretiert und kommuniziert, um Entscheidungsträgern und der Öffentlichkeit einen aktuellen Überblick über den Umweltzustand zu bieten. Dies beinhaltet auch die Definition von kritischen Belastungsgrenzen und die Formulierung entsprechender Gegenmaßnahmen bei Überschreitungen. Insgesamt zielt das Konzept darauf ab, durch systematische Datenerfassung und -analyse eine fundierte Basis für eine sichere Trinkwasserversorgung zu schaffen. Dies schließt die kontinuierliche Verbesserung der Überwachungsmethoden und die Anpassung an neue Erkenntnisse und technologische Entwicklungen mit ein, um die Effizienz und Genauigkeit des Monitoringsystems kontinuierlich zu steigern.</p> <p>Das Konzept basiert auf folgenden Prozessschritten:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ziel des Umweltmonitoringsystems: An den Mess- und Beobachtungsflächen werden Zustandsgrößen der Wassergüte und Bodenbelastung sowie potenzielle Gesundheitsauswirkungen erfasst. 2. Datenanalyse und Modellierung: Erhobene und ausgewertete Daten der Wasser- und Bodenanalytik werden in das Bewertungsmodell überführt. 3. Verknüpfung von Wasser- und Bodenproben: Die Verbindung der Daten ermöglicht die Extrapolation von Erkenntnissen auf andere Standorte. 4. Auswahlkriterien der Messflächen: Kriterien wie die Abbildung von Gewerbeeinheiten bestimmen die Standortwahl und Probenentnahme. 5. Kontinuierliche Datenerfassung und -bewertung: Langfristige toxische Einträge werden kontinuierlich überwacht und analysiert. 6. Interpretation und Berichterstattung: Ergebnisse werden interpretiert und regelmäßig kommuniziert, inklusive der Ableitung von Gegenmaßnahmen. 7. Integration in GIS-Systeme: Ergebnisse werden in GIS-Systeme überführt, um schnelle visuelle Ergebnisse zu illustrieren. 8. Praktische Umsetzung und technische Anpassungen: Das Monitoring wird anhand der gesammelten Ergebnisse und in Zusammenarbeit mit insbesondere lokalen Projektpartnern weiterentwickelt. <p>Die Erstellung des Umweltmonitoringsystems basiert auf der vorgenommenen Analyse gewonnener Wasser- und Bodenproben an identifizierten Standorten der Paula-Anlage mit einem definierten räumlichen Radius der Probenentnahme:</p> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Analysis results, date/time, location/sample network</td> <td style="padding: 2px;">intensive monitoring,</td> <td style="padding: 2px;">additional sampling frequency, change, indicator</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Toxic substance: XX/XX Geographical coordinate</td> <td style="padding: 2px;">(+++)</td> <td style="padding: 2px;">(+++)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Toxic substance XX/XX Geographical coordinate</td> <td style="padding: 2px;">(+++)</td> <td style="padding: 2px;">(+++)</td> </tr> </table> <p>Der Aufbau des Konzeptes erfolgt auf der Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Partnern / Laboren und kann grafisch wie folgt skizziert werden:</p>	Analysis results, date/time, location/sample network	intensive monitoring,	additional sampling frequency, change, indicator	Toxic substance: XX/XX Geographical coordinate	(+++)	(+++)	Toxic substance XX/XX Geographical coordinate	(+++)	(+++)
Analysis results, date/time, location/sample network	intensive monitoring,	additional sampling frequency, change, indicator								
Toxic substance: XX/XX Geographical coordinate	(+++)	(+++)								
Toxic substance XX/XX Geographical coordinate	(+++)	(+++)								

Sollten beide Institute Auffälligkeiten in den Proben feststellen, sollte ein Abgleich mittels gemeinsam definierter Qualitätssicherung auf Basis referenzierter Kontrollproben erfolgen. Hierbei sollte die „Richtlinie der Bundesärztekammer zur Qualitätssicherung laboratoriumsmedizinischer Untersuchungen“ als Grundlage dienen.



Durch diese strukturierte Herangehensweise wird eine zuverlässige Basis für die Umsetzung des Monitorings und dessen Qualitätssicherung chemischer Analysen geschaffen, die sowohl aktuelle Untersuchungsgebiete abdeckt als auch langfristig für ein nachhaltiges Umweltmonitoring in Kamerun genutzt werden kann.

Von der Probenahme bis zum Aufbau eines Referenzsystems - Qualitätssicherung

1. Zielsetzung der Qualitätssicherung: Die Qualität der gemeinsam durchgeführten chemischen Analysen von Wasser- und Bodenproben der Untersuchungsgebiete soll gesichert werden. Dies umfasst die Minimierung von Einflussgrößen und Störfaktoren in der Präanalytik sowie die fachgerechte Durchführung der Untersuchungen. Ziel ist es, die Ergebnisse korrekt zuzuordnen und zu dokumentieren. Perspektivisch soll ein Referenzsystem etabliert werden, um ein kontinuierliches Umweltmonitoring toxischer Belastungen am Standorten der Wasseraufbereitungsanlage durchführen und ausbauen zu können. Zusätzlich wurde in diesem Kontext die Kapazitätsentwicklung bei den kamerunischen Partnern umgesetzt (Schulung in der Methodik des Non-Target-Verfahrens).

2. Definitorische Bestimmungen und Standard Operating Procedures (SOPs): Es werden klare Definitionen und SOPs für die Ausrüstung, Probenvorbereitung, Messmethodik, Messverfahren, Messgenauigkeit, Messabweichung, Präanalytik, Referenzmessverfahren, Sollwerte, Validierung der Messung, Zielwerte und Berichterstattung festgelegt. Beispielhaft wird die Messabweichung als zufällige Unpräzision definiert.

3. Durchführung der chemischen Analytik – von der Präanalytik bis zur Postanalytik

3.1. Präanalytik: Es wurden SOPs für die fachgerechte Entnahme, Behandlung, Lagerung und Transport der Untersuchungsmaterialien definiert. Das Dokument für die Gewinnung des Untersuchungsmaterials enthält Angaben zur Art und Menge der Probe, zeitlichen Bedingungen für Entnahme und Lagerung, sowie zur Kennzeichnung und Dokumentation.

3.2. Methodik – Verfahren für die Durchführung von chemischer Analytik: Alle labortechnischen Verfahren müssen validiert sein und in Verfahrensanweisungen dokumentiert werden. Diese enthalten unter anderem das Prinzip der angewandten Methode, den Arbeitsablauf, Kalibrationsverfahren, notwendiges Untersuchungsmaterial, benötigte Geräte und die Leistungsfähigkeit des Verfahrens.

3.3. Postanalytik – Ergebnisse, Bericht, Informationsweitergabe: Die Ergebnisse werden technisch validiert und in Berichten mit Datum und Uhrzeit der Ausgabe, Eingang und Gewinnung des Untersuchungsmaterials, Art der Probe, angewandten Methoden, Ergebnissen und Einheiten, Referenzbereichen sowie etwaigen Einschränkungen des Ergebnisses dokumentiert. Untersuchungsmaterialien werden unter Bedingungen aufbewahrt, die weitere Untersuchungen ermöglichen.

4. Qualitätsmanagementsystem – Qualitätsmanagementhandbuch: Ein umfassendes Qualitätsmanagementsystem wird eingeführt, das alle Prozesse und Dokumente des Labors im Qualitätsmanagementhandbuch zusammenfasst. Dieses beinhaltet Bereiche wie Leitung, Mitarbeiterqualifikation und Schulung, Ressourcen und Partnerschaften, sowie Prozesse für die Annahme, Validierung, Berichterstattung und Aufzeichnungsführung.

5. Interne und externe Qualitätssicherung: Das Labor implementiert interne Kontrollsysteme gemäß SOPs und dem Qualitätsmanagementhandbuch. Externe Qualitätssicherung erfolgt durch regelmäßige Teilnahme an Ringversuchen gemäß den festgelegten Verfahren. Ringversuchsteilnehmer bestätigen die ordnungsgemäße Durchführung der Untersuchungen in ihren Räumen und unter ihrer Verantwortung.

<p>Vergleich zur ursprünglichen Planung</p>	<p>Konzept für ein umwelttoxikologisches Monitoring von Wasser und Boden</p> <p>Es haben sich, ausgelöst durch die Corona-Pandemie erhebliche Verzögerungen ergeben. Durch die Laufzeitverlängerungen können diese nun vollständig nachgeholt werden können. Die für die Finalisierung des Monitoringkonzeptes erforderliche Beprobung auf chemische Parameter und Auswertung dieser Beprobung konnte somit umgesetzt werden. Bei der Planung der Probenahme und Analyse war vorgesehen, Wasser- und Bodenproben im definierten Radius von GIS-geplanten Standorten der Paula-Anlage zu entnehmen. Die Planung sah ein Raster von etwa 300 m x 300 m vor, um ausreichend Wasser- und Bodenproben (rückblickende Belastung) zu gewinnen. Dabei sollten die Fließrichtung und -geschwindigkeit der Gewässer berücksichtigt werden, um mögliche zukünftige Belastungen und Einträge zu prognostizieren. Die Probenentnahme sollte in Kooperation zwischen den Universitäten Aachen und Bonn und lokalen Partnern, einschließlich des Centre Pasteur (CP), erfolgen. Ein Feldlabor sollte als Hub dienen, in dem die Proben beschriftet und dann zum CP transportiert werden. Die Wasserproben sollten zu gleichen Teilen zwischen CP und IASU aufgeteilt werden, während die Bodenproben zu 100% in Aachen analysiert werden sollten, da CP nicht über die erforderlichen Ressourcen und Infrastruktur verfügte. Es war keine Aufbereitung der Proben notwendig, und 50% der Proben sollten nach Aachen gesendet werden, wobei DHL oder UPS in Aachen mit der Versendung und den Zollformalitäten beauftragt werden sollten. Nach Erhalt der Proben sollten diese geprüft, ausgewertet und interpretiert werden. Die Analyse diente der Bestimmung geeigneter Standorte für Paula-Anlagen, der Einschätzung gefährdeter Standorte und des Belastungsgrades sowie der Erstellung eines Monitoringsystems für zukünftige Probenahmen und deren Häufigkeit.</p> <p>In der Realität ergaben sich jedoch einige Abweichungen. Die Standortwahl erfolgte letztlich stärker nach verfügbarer Infrastruktur, wie beispielsweise der Nähe zu Krankenhäusern, anstatt ausschließlich auf GIS-Daten basierend. Der räumliche Radius des Rasters wurde reduziert, sodass auch weniger Proben gesammelt werden mussten. Obwohl die Sammlung der Proben weiterhin in Kooperation zwischen Aachen und Bonn durch lokale Partner erfolgte, gab es logistische Herausforderungen. Der Transport der Proben zum CP erfolgte auf Umwegen mit Zwischenlagerung, was zu Unsicherheiten in der Dokumentation führte. Die geplante Aufteilung der Wasserproben zwischen CP und IASU konnte nicht umgesetzt werden, da zu wenig Wasserproben gesammelt wurden. Dies erforderte z.B. eine Korrektur im Rahmen des Umweltmonitorings am Standort Soa. Obwohl keine Aufbereitung der Proben notwendig war, stellte sich die Versendung nach Aachen als komplexer heraus, mit erheblichen Nachsteuerungen bei den Zollformalitäten. Die erste Analyse am geplanten Standort der Paula-Anlage zeigte keine gravierenden Belastungen. Die Ergebnisse deckten sich mit der vorherigen Risikobewertung und bestätigten die Eignung des Standorts.</p> <p>Diese Abweichungen zeigten die Notwendigkeit flexibler Anpassungen und engerer Abstimmung zwischen den beteiligten Partnern. Trotz der Herausforderungen konnte der grundlegende Zweck der Probenahme und Analyse – die Bewertung der Standorte und die Vorbereitung eines umfassenden Monitoringsystems – erfolgreich erfüllt werden.</p> <p>Vergleich zwischen geplanten und für die Umsetzung der Teilaufgabe notwendigen Ressourcen</p> <p>Es kann festgehalten werden, dass die ursprüngliche Planung der Personalressourcen, insbesondere der medizinischen und labortechnischen Mitarbeiter des IASU, unausgewogen war. Die Konzeption des Umweltmonitoringsystems erforderte einen deutlich umfangreicheren Einsatz des labortechnischen Personals als ursprünglich mit einem Personenmonat geplant war. Auch die unerwarteten bürokratischen Hürden bei der Logistik der Proben zwischen Kamerun und Deutschland führten zu einem erheblichen personellen Mehraufwand. Diese Abweichungen verdeutlichen die Notwendigkeit flexibler Anpassungen und engerer Abstimmung zwischen den beteiligten Partnern. Trotz der Herausforderungen konnte der grundlegende Zweck der Probenahme und Analyse – die Bewertung der Standorte und die Vorbereitung eines umfassenden Monitoringsystems – erfolgreich erfüllt werden.</p> <p>Zukünftiger Nutzen der Erkenntnisse und Verwertbarkeit:</p> <p>Das erstellte Umweltmonitoringkonzept bietet einen guten Nutzen für die langfristige Überwachung der Trinkwasserqualität an den Standorten der Wasseraufbereitungsanlagen. Es gewährleistet nicht nur die kontinuierliche Überwachung und Sicherstellung der Wasserqualität, sondern dient auch als Frühwarnsystem zur Erkennung von Verunreinigungen und toxikologischen Belastungen, die die Gesundheit der Bevölkerung gefährden könnten. Darüber hinaus besitzt das Konzept eine hohe Übertragbarkeit auf andere Regionen. Es kann flexibel angepasst werden, um den spezifischen Anforderungen und Umweltbedingungen verschiedener Gebiete gerecht zu werden. Insbesondere in Entwicklungsländern, in denen toxikologische Belastungen oft nicht systematisch überwacht werden, könnte dieses Konzept einen erheblichen Beitrag zur Verbesserung der Umwelt- und Gesundheitsstandards leisten.</p> <p>Allerdings ist zu beachten, dass die erfolgreiche Umsetzung des Konzepts vor Ort eine erhebliche Stärkung der vorhandenen Laborressourcen erfordert. Dies betrifft sowohl die Ausstattung der Labore mit modernen und präzisen Geräten als auch die Sicherstellung einer kontinuierlichen Versorgung mit den notwendigen Betriebsmitteln. Zudem sollte die Fachexpertise hinsichtlich neuer umwelttoxikologischer Methoden, wie etwa durch Schulungsmaßnahmen</p>
---	--

	zur Non-Target-Methodik, gestärkt werden. Ohne diese Infrastrukturverbesserungen ist die Effektivität des Monitoringkonzepts eingeschränkt. Zusammengefasst bietet das Umweltmonitoringkonzept nicht nur eine Lösung für die spezifischen Bedürfnisse der Wasseraufbereitungsanlagenstandorte, sondern hat das Potenzial, als Modell für umfassende Umweltüberwachungssysteme dienen. Die Erkenntnisse und Methoden, die im Rahmen dieser Aufgabe entwickelt wurden, tragen dazu bei, nachhaltige und effiziente Strategien für das Umweltmonitoring zu etablieren, die langfristig die Lebensqualität verbessern und Umweltrisiken minimieren können.
--	--

4.4. Konzeptentwicklung – Prävention und Katastrophenschutz

Die Erarbeitung der Konzepte zur Katastrophenprävention und -bewältigung in den Pilotregionen ist ein zentraler Bestandteil dieser Teilaufgabe. Ziel war es, angepasste Strategien zu entwickeln, um die Auswirkungen von Naturkatastrophen wie Überschwemmungen und Dürren zu minimieren. In Duala liegt der Fokus auf Überschwemmungen durch Flusshochwasser und Küstenüberschwemmungen. In Soa (Jaunde) und zentralen Jaunde wird an Strategien gegen Überschwemmungen durch Starkregen und Dürren gearbeitet. Diese Konzepte fokussieren Präventivmaßnahmen zum Schutz der menschlichen Gesundheit, ökonomischen Werte, Umwelt und kritischen Wasserversorgungsinfrastrukturen. Die Entwicklung der Konzepte erfolgte interdisziplinär und in enger Zusammenarbeit mit den Konsortialpartnern. Es wurden Leitfäden für das Katastrophenrisikomanagement definiert, der die spezifischen Bedingungen der Pilotgebiete berücksichtigt. Bei der Umsetzung hat IASU sich schwerpunktmäßig auf die toxikologischen und hygienischen Anforderungen der Trinkwasserversorgung im Katastrophenfall konzentriert.

Tabelle 4: Beiträge zur Konzeptentwicklung – Prävention und Katastrophenschutz

<p>Konzeptentwicklung – Prävention und Katastrophenschutz- Eines der Aspekte der Leitfäden zur Katastrophenprävention und -bewältigung ist die interdisziplinäre Abstimmung von Präventionsmaßnahmen und Handlungsempfehlungen. Diese müssen die gesundheitlichen Aspekte der Trinkwasseraufbereitung, -verteilung und Schmutzwasserentsorgung umfassen und den WHO-Leitlinien zur Trinkwasserqualität entsprechen.</p> <p>Das Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin (IASU) trägt zur Erstellung der Leitfäden bei, indem es die gesundheitlichen Anforderungen der Präventionsmaßnahmen und Handlungsempfehlungen nach WHO-Standards im Falle einer toxikologischen Kontamination kommuniziert und abstimmt. Dies beinhaltet die Eruiierung und Umsetzung der Hygieneanforderungen an das aufbereitete Trinkwasser und dessen Entnahmestellen, und fußt auf dem nachhaltigen Konzept zum Monitoring der chemischen Belastung des Trinkwassers, um wasserassoziierte Erkrankungen zu vermeiden. Schließlich erstellt das IASU Präventionsmaßnahmen für den Umgang mit kontaminiertem Wasser.</p>	
Geplanter Zeitraum der Teilaufgabe	Projektmonat 13 bis 30
Geplante personelle Ressourcen:	Insgesamt 12 Personenmonate aufgeteilt auf: - 10 Personenmonate medizinischer Mitarbeiter; 2 Personenmonat labortechnischer Mitarbeiter
Geplante Sachressourcen	Reisekosten: Deutschland-Kamerun
Struktureller Aufbau der Teilaufgabe	Beiträge zur Konzeptentwicklung – Prävention und Katastrophenschutz: - Kommunikation und Abstimmung der gesundheitlichen Anforderungen der Präventionsmaßnahmen sowie Handlungsempfehlungen nach WHO-Standards. - Ableitung der Empfehlungen aus dem Monitoring der chemischen Belastung des Trinkwassers und des Bodens. - Erstellung der Präventionsmaßnahmen für den Umgang mit kontaminierten Wasser
Konzept- Prävention und Katastrophenschutz Im Rahmen der Umsetzung des Projekts zur Prävention und	<p>Beschreibung:</p> <p>Kommunikation und Abstimmung der gesundheitlichen Anforderungen der Präventivmaßnahmen sowie Handlungsempfehlungen nach WHO-Standards: Die Handhabung von chemisch kontaminiertem Trinkwasser stellt insbesondere bei Extremwetterereignissen wie Überschwemmungen und Dürren eine große Herausforderung dar. Der erarbeitete Beitrag basiert auf den Empfehlungen der WHO und zielt darauf ab, effektive Präventionsmaßnahmen und ein robustes Risikomanagement in den betroffenen Gebieten zu etablieren. Die vorgeschlagenen Maßnahmen umfassen ein Katalog mit folgenden Handlungsempfehlungen:</p> <p>1. Sofortige Bewertung und Überwachung: Bei der Bewältigung von Trinkwasserproblemen infolge von Überschwemmungen und Dürren ist eine sofortige Bewertung und Überwachung von zentraler Bedeutung. Es gilt, die</p>

<p>zum Katastrophenschutz im Kontext chemisch kontaminierten Trinkwassers konnten die wesentlichen Aufgaben erfolgreich realisiert werden. Dies umfasst die Erarbeitung und Implementierung von Sofort- und Langzeitmaßnahmen zur Sicherstellung einer sicheren Trinkwasserversorgung, die Ausbildung lokaler Fachkräfte sowie die Etablierung effizienter Überwachungs- und Schutzsysteme.</p>	<p>Kontaminationsquelle rasch zu identifizieren und die chemischen Kontaminanten sowie deren Konzentration zu messen. Kontinuierliche Überwachungssysteme sind notwendig, um die Wasserqualität zu gewährleisten und die Gesundheit der Bevölkerung zu schützen.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Informationsbereitstellung und Risikokommunikation: Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Informationsbereitstellung und Risikokommunikation. Es ist essentiell, die betroffene Bevölkerung über die potenziellen Gesundheitsrisiken durch das kontaminierte Wasser aufzuklären und klare Verhaltensrichtlinien zu kommunizieren. Transparente Berichterstattung über die Wasserqualitätstests und die ergriffenen Maßnahmen stärkt das Vertrauen der Bevölkerung und unterstützt die Umsetzung der Präventionsmaßnahmen. 3. Sofortige Schutzmaßnahmen: Sofortige Schutzmaßnahmen müssen ergriffen werden, um die Bevölkerung vor den gesundheitlichen Risiken zu bewahren. Dies umfasst die Bereitstellung von sicherem Trinkwasser durch alternative Quellen wie Wassertransporte, Tankwagen oder Flaschenwasser. Auch die Installation von Wasseraufbereitungssystemen, die chemische Kontaminanten entfernen können, ist von großer Bedeutung. Methoden wie Aktivkohlefiltration, Umkehrosmose oder chemische Oxidation sind hierbei besonders wirksam. 4. Langfristige Schutzmaßnahmen: Langfristige Schutzmaßnahmen sind ebenfalls notwendig, um die Wasserversorgungssysteme zu sanieren und zukünftige Kontaminationen zu verhindern. Dies schließt die Reparatur oder den Austausch kontaminierter Teile des Wasserversorgungssystems sowie den Schutz der Wasserquellen durch Einrichtung von Schutzzonen und Verhinderung industrieller oder landwirtschaftlicher Einträge ein. 5. Gesundheitsüberwachung und -versorgung: Die Gesundheitsüberwachung und -versorgung spielt eine zentrale Rolle bei der Prävention wasserassoziierter Erkrankungen. Programme zur Überwachung von Gesundheitssymptomen und Krankheiten, die durch chemische Kontaminanten im Trinkwasser verursacht werden könnten, sollten etabliert werden. Gesundheitseinrichtungen müssen auf die Diagnose und Behandlung solcher Krankheiten vorbereitet sein. 6. Kapazitätsaufbau und Schulungen: Kapazitätsaufbau und Schulungen sind unerlässlich, um die Effektivität der Maßnahmen zu sichern. Fachkräfte im Bereich Wasseraufbereitung, Gesundheitsüberwachung und Risikokommunikation müssen entsprechend ausgebildet werden. Der Aufbau von Laborkapazitäten zur zuverlässigen und schnellen Analyse von Wasserproben ist ebenfalls notwendig. 7. Notfallplanung und -vorbereitung: Notfallplanung und -vorbereitung sind entscheidend, um auf chemische Kontaminationen der Trinkwasserversorgung vorbereitet zu sein. Detaillierte Notfallpläne sollten entwickelt und regelmäßige Übungen durchgeführt werden, um die Wirksamkeit der Notfallpläne zu testen und zu verbessern. <p>Besonders im Bereich "Kapazitätsaufbau und Schulungen" konnten direkte Maßnahmen erfolgreich umgesetzt werden. Dies war möglich, weil das IASU hier direkten Einfluss auf die praktische Gestaltung und Umsetzung hatte. Wie bereits erläutert, wurde durch die Bewertung der Laborressourcen des Messplatzes in Jaunde sowie die Durchführung der Schulung zur Methodik des Non-Target-Verfahrens ein nachhaltiger Beitrag geleistet</p> <p>Ableitung der Empfehlungen aus dem Monitoring Monitorings der chemischen Belastung des Trinkwassers und des Bodens: Basierend auf den Ergebnissen des Monitorings der chemischen Belastung des Trinkwassers und des Bodens wurden spezifische Empfehlungen abgeleitet, die zur Förderung der Kompetenzentwicklung im Bereich Prävention und Katastrophenschutz beitragen sollen. Diese Empfehlungen umfassen sowohl Sofortmaßnahmen als auch langfristige Strategien, um eine sichere Trinkwasserversorgung insbesondere bei extremen Wetterbedingungen sicherzustellen. Zu den Sofortmaßnahmen gehört die rasche Identifizierung und Überwachung von Trinkwasserquellen. Dabei sind schnelle und zuverlässige Testverfahren von entscheidender Bedeutung, um sofort festzustellen, ob Trinkwasserquellen chemisch belastet sind. In Gebieten mit nachgewiesener Kontamination müssen umgehend alternative Wasserversorgungsmethoden bereitgestellt werden, etwa durch mobile Tankwagen oder temporäre Wasseraufbereitungsanlagen. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der präventive Schutz der Wasserquellen. Maßnahmen zur Vermeidung von Kontaminationen während Überschwemmungen und Dürren sollten implementiert werden. Dies umfasst den Schutz von Brunnen und Quellen vor Überflutungen und die Sicherstellung, dass sie nicht durch chemische Stoffe verunreinigt werden. Zudem sind regelmäßige Inspektionen und Instandhaltungen der Wasserversorgungssysteme notwendig, um deren Funktionstüchtigkeit auch unter extremen Bedingungen zu gewährleisten. Die Aufklärung und Sensibilisierung der lokalen Bevölkerung ist ebenfalls von zentraler Bedeutung. Regelmäßige Informationskampagnen zur Wasserqualität und zu sicheren Umgangsweisen mit Trinkwasser während Krisenzeiten tragen dazu bei, das Bewusstsein für potenzielle Gefahren zu schärfen und geeignete Maßnahmen zu fördern. Darüber hinaus ist der Kapazitätsaufbau und die Schulung lokaler Fachkräfte entscheidend. Durch gezielte Schulungen wird sichergestellt, dass Fachkräfte in der Lage sind, die Wasserqualität effizient zu überwachen und zu managen. Dies umfasst die Anwendung von Testkits und Wasseraufbereitungstechnologien sowie die Nutzung moderner Überwachungsmethoden. Um die Trinkwasserversorgung langfristig zu sichern, sind folgende Maßnahmen notwendig:</p>
---	--

	<p>Implementierung von Frühwarnsystemen: Entwicklung und Einsatz von Frühwarnsystemen zur Erkennung von chemischen Kontaminationen auch in Echtzeit, um schnell reagieren zu können.</p> <p>Errichtung von Schutzzonen: Einrichtung von Schutzzonen um Trinkwasserquellen, um sie vor Verschmutzungen durch landwirtschaftliche und industrielle Aktivitäten zu schützen.</p> <p>Förderung nachhaltiger Landwirtschaft: Förderung nachhaltiger landwirtschaftlicher Praktiken, die den Einsatz von Pestiziden und Düngemitteln reduzieren, um die chemische Belastung des Bodens und Grundwassers zu minimieren.</p> <p>Etablierung von Recycling- und Entsorgungssystemen: Aufbau effizienter Recycling- und Entsorgungssysteme, um die unsachgemäße Entsorgung von Chemikalien und Abfällen zu verhindern, die zu Kontaminationen führen können.</p> <p>Nutzung von Biofiltrationstechnologien: Einsatz von Biofiltrationstechnologien zur Reinigung von Wasserquellen, die durch chemische Substanzen belastet sind.</p> <p>Zusammenfassend zielt das Konzept darauf ab, durch systematische Datenerfassung und -analyse eine solide Basis für eine sichere Trinkwasserversorgung zu schaffen. Dies beinhaltet die kontinuierliche Verbesserung der Überwachungsmethoden und die Anpassung an neue wissenschaftliche Erkenntnisse und technologische Entwicklungen, um die Effizienz und Genauigkeit des Monitorings zu steigern. Die genannten Maßnahmen und Strategien sind unerlässlich, um die gesundheitlichen Risiken durch chemische Kontaminationen zu minimieren und eine sichere Wasserversorgung zu gewährleisten.</p> <p>Erstellung der Präventionsmaßnahmen für den Umgang mit kontaminierten Wasser: Zu den in den oberen Unterpunkten angeführten Handlungsempfehlungen wurden folgende Maßnahmen ergänzt:</p> <p>Regelmäßige Gesundheitsüberwachung: Regelmäßige Gesundheitschecks und Bluttests für die Bevölkerung, um frühzeitig mögliche Vergiftungen oder gesundheitliche Beeinträchtigungen durch kontaminiertes Wasser zu erkennen.</p> <p>Erfassung und Analyse von Krankheitsdaten: Systematische Erfassung und Analyse von Krankheitsdaten, um potenzielle Zusammenhänge zwischen Wasserqualität und gesundheitlichen Problemen zu identifizieren.</p> <p>Notfallpläne und Krisenmanagement: Erstellung von Notfallplänen: Entwicklung und Implementierung von Notfallplänen für den Fall einer akuten Wasserkontamination, einschließlich Evakuierungsplänen und Notfall-Versorgungsstrategien.</p> <p>Krisenmanagement-Teams: Einrichtung spezialisierter Krisenmanagement-Teams, die im Falle einer Wasserkrise schnell reagieren und Maßnahmen zur Schadensbegrenzung einleiten können.</p> <p>Umweltauflagen: Durchsetzung strengerer Umweltauflagen für Industriebetriebe, um die Freisetzung schädlicher Chemikalien in die Umwelt zu minimieren. Kontrolle und Umgang mit Mülldeponien, insbesondere Vermeidung von illegaler Müllablagerung (inklusive rasche Entfernung illegaler Mülldeponierung).</p> <p>Überwachung von Gewerbeabwässern: Regelmäßige Überwachung und Kontrolle von Gewerbeabwässern, um sicherzustellen, dass diese keine gefährlichen Substanzen enthalten, die in die Trinkwasserversorgung gelangen könnten.</p> <p>Gemeinschaftsunterstützung: Förderung von lokalen Gemeinschaftsinitiativen zum Kontext sicherer (Trink)Wasserversorgung.</p> <p>Durch die Umsetzung dieser zusätzlichen Maßnahmen kann der gesundheitliche Schutz der Bevölkerung weiter gestärkt und das Risiko von durch Wasser kontaminierten Gesundheitsproblemen minimiert werden. Diese Maßnahmen sollten kontinuierlich überwacht und angepasst werden, um auf neue Herausforderungen und wissenschaftliche Erkenntnisse reagieren zu können.</p>
<p>Vergleich zur ursprünglichen Planung</p>	<p>Beiträge zur Konzeptentwicklung – Prävention und Katastrophenschutz</p> <p>Im Rahmen der Umsetzung des Projekts zur Prävention und zum Katastrophenschutz im Kontext chemisch kontaminierten Trinkwassers konnten die wesentlichen Aufgaben erfolgreich realisiert werden. Dies umfasst die Erarbeitung und Implementierung von Sofort- und Langzeitmaßnahmen zur Sicherstellung einer sicheren Trinkwasserversorgung, die Ausbildung lokaler Fachkräfte sowie die Etablierung effizienter Überwachungs- und Schutzsysteme.</p> <p>Jedoch kam es bei einem Punkt zu Abweichungen von der ursprünglichen Aufgabenplanung: Die geplante Durchführung von Übungen zur Validierung der Konzepte konnte aufgrund der Covid-19-Pandemie und der daraus resultierenden Reisebeschränkungen nicht wie vorgesehen stattfinden. Diese Übungen waren essenziell, um die Effektivität der entwickelten Notfallpläne in realen Szenarien zu testen und sicherzustellen. Dank der Flexibilität und des</p>

	<p>Engagements der Konsortialpartner konnten diese Übungen jedoch durch alternative Maßnahmen aufgefangen werden. Workshops vor Ort, durchgeführt von lokalen Partnern, ermöglichten es, die Konzepte theoretisch zu validieren und die Bevölkerung sowie Fachkräfte in die geplanten Maßnahmen intensiv einzuweisen. Somit wurde sichergestellt, dass trotz der pandemiebedingten Einschränkungen die Ziele des Projekts weitestgehend erreicht und die Bevölkerung bestmöglich geschützt werden konnte.</p> <p>Vergleich zwischen geplanten und für die Umsetzung der Teilaufgabe notwendigen Ressourcen</p> <p>Im Rahmen der Teilaufgabe konnten die wesentlichen Aufgaben erfolgreich realisiert werden. Dazu gehörten die Erstellung und Ableitung von Sofort- und Langzeitmaßnahmen zur Sicherstellung einer sicheren Trinkwasserversorgung, die Ausbildung lokaler Fachkräfte sowie die Etablierung effizienter Überwachungs- und Schutzsysteme. Es kann festgehalten werden, dass die ursprüngliche Planung der Personalressourcen, insbesondere der medizinischen und labortechnischen Mitarbeiter des IASU, ausgewogen war. Die Planung der Ressourcen war auch aufgrund umfangreicher (Vor)Arbeiten angemessen und trug wesentlich dazu bei, die gesetzten Ziele zu erreichen und die Aufgaben effektiv umzusetzen.</p> <p>Zukünftiger Nutzen der Erkenntnisse und Verwertbarkeit:</p> <p>Die Handhabung von chemisch kontaminiertem Trinkwasser bei Extremwetterereignissen wie Überschwemmungen und Dürren stellt eine große Herausforderung dar. Basierend auf den WHO-Empfehlungen zielen die entwickelten Maßnahmen darauf ab, ein robustes Risikomanagement und effektive Präventionsmaßnahmen in betroffenen Gebieten zu etablieren. Durch kontinuierliche Datenerfassung und -analyse zur Wasserqualität wird eine solide Grundlage für die Bevölkerungsgesundheit geschaffen, insbesondere im Kontext wasserassoziierter Krankheiten. Diese Maßnahmen sind entscheidend, um die Gesundheitsrisiken durch chemische Kontaminationen zu minimieren und eine sichere Trinkwasserversorgung langfristig zu gewährleisten. Die wissenschaftliche Verwertbarkeit dieser Maßnahmen liegt in der Möglichkeit, durch systematische Datenerfassung und -analyse relevante Erkenntnisse zu gewinnen. Diese Erkenntnisse können dazu beitragen, die Effizienz von Überwachungs- und Präventionsstrategien bei der Bewältigung von chemischen Kontaminationen im Trinkwasser weiter zu verbessern. Zudem bieten die gesammelten Daten eine wertvolle Grundlage für zukünftige Forschungen und die Weiterentwicklung internationaler Standards im Bereich der Wasserqualität und öffentlichen Gesundheit.</p>
--	---

4.5. Technische Lösungen und Betreibermodell der PAULA-Anlage

Die Eignung von Standorten für die Platzierung der dezentralen Trinkwasseraufbereitungsanlagen (PAULA-Anlage) wurde durch eine umfassende Analyse von Wasser- und Bodenproben sowie die Berücksichtigung der Verfügbarkeit von geeignetem Wasser sowohl in normalen als auch Flutsituationen bewertet. Zusätzlich fließt die Nähe zu Orten mit dem höchsten Bedarf und gut erreichbare Transportwege sowie der vorhandenen weiteren Infrastruktur in die Bewertung ein. Zur Sicherstellung, dass die Anlagen den erforderlichen Qualitätsstandards für Wasser und Boden entsprechen, werden im konzipierten Umweltmonitoringsystem Abweichungen von diesen Standards kontinuierlich analysiert. Auf Basis dieser Analysen können gemeinsam mit dem Verbundpartner (Paula Water GmbH) spezifische Filtrations- und Reinigungsmaßnahmen eingeleitet und implementiert werden. In enger Zusammenarbeit mit den lokalen Behörden eruierte das Konsortium zudem ein Betriebs- und Betreiberkonzept für die PAULA-Anlage, das die Nutzung der Anlage sowohl in Katastrophenfällen als auch über die Projektlaufzeit hinaus sicherstellen und in der betroffenen Bevölkerung etablieren soll.

Tabelle 5: Technische Lösungen und Betreibermodell der PAULA-Anlage

<p>Technische Lösungen und Betreibermodell der PAULA-Anlage- Das IASU hat die technische Umsetzung und die Eruiierung des Betreibermodells für die Installation und den Betrieb der dezentralen Trinkwasseraufbereitungsanlagen (PAULA-Anlage) fachlich begleitet. In die Auswahl der Standorte wurde eine umfassende Analyse von Wasser- und Bodenproben sowie die Berücksichtigung der Verfügbarkeit von Wasser unter normalen und Flutbedingungen integriert. In enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern und lokalen Stakeholdern (Water-Committees) wurde ein Betriebs- und Betreiberkonzept konzipiert, das die langfristige Nutzung der PAULA-Anlage in Notfällen sowie über die Projektlaufzeit hinaus sicherstellen soll.</p>	
Geplanter Zeitraum der Teilaufgabe	Projektmonat 15 bis 32
Geplante personelle Ressourcen:	Insgesamt 2 Personenmonate aufgeteilt auf: - 1 Personenmonate medizinischer Mitarbeiter; 1 Personenmonat labortechnischer Mitarbeiter

Geplante Sachressourcen	Reisekosten: Deutschland-Kamerun
Struktureller Aufbau der Teilaufgabe	Beiträge im Rahmen der Teilaufgabe - Begleitung Installation der dezentralen Trinkwasseraufbereitungsanlage - Begleitung des Konzeptes des Betreibermodells für PAULA-Anlage
Technische Lösungen und Betreibermodell der PAULA-Anlage	<p>Beschreibung:</p> <p>Beiträge zur Installation der dezentralen Trinkwasseraufbereitungsanlage: Die Auswahl geeigneter Standorte für die Installation der dezentralen Trinkwasseraufbereitungsanlagen (PAULA-Anlage) basiert auf einer umfassenden Analyse von Wasser- und Bodenproben im Rahmen des Umweltmonitorings. Dabei liegt besonderes Augenmerk auf der Gewährleistung der Wasserqualität, um potenzielle Kontaminationen mit Ölen oder Treibstoffen zu vermeiden, die die technische Funktionsfähigkeit der Anlagen beeinträchtigen könnten. Zusätzlich ist eine zuverlässige Versorgung der Anlagen mit Wasser und Strom an den Standorten der Wasseraufbereitungsanlagen entscheidend. Dies gewährleistet eine kontinuierliche Betriebsfähigkeit der PAULA-Anlage, insbesondere unter schwierigen Umweltbedingungen und während Notsituationen. Die systematische Auswahl der Standorte und die Berücksichtigung umwelttoxikologischer Aspekte stellen sicher, dass die PAULA-Anlagen nicht nur effektiv arbeiten, sondern auch langfristig zur Sicherung der Trinkwasserversorgung in vulnerablen Regionen beitragen. Die Trinkwasseraufbereitungsanlagen müssen strenge Qualitätsstandards für die chemische Zusammensetzung des Wassers sowie die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Bodens erfüllen. Jegliche Abweichungen von diesen Standards müssen im Rahmen der Umweltmonitorings fortlaufend und detailliert untersucht, um spezifische Filtrations- und Reinigungsverfahren zu identifizieren.</p> <p>Betreibermodells für PAULA-Anlage: Für den Betrieb der dezentralen Trinkwasseraufbereitungsanlagen wurde ein detailliertes und an die Bedingungen vor Ort angepasstes Betreibermodell eruiert. Das Modell inkludiert verschiedene Schlüsselemente, beginnend mit der Einrichtung und Vorbereitung der Anlagen an den ausgewählten Standorten, wobei besonderes Augenmerk auf der technischen Zuverlässigkeit und der Infrastruktur für die kontinuierliche Wasser- und Stromversorgung liegt. Regelmäßige Wartungsroutinen werden festgelegt, um sicherzustellen, dass die Anlagen jederzeit einsatzbereit sind. Ein zentraler Aspekt des Betreibermodells ist die Schulung lokaler Betreiber und das Capacity Building, um sicherzustellen, dass sie die Anlagen effektiv bedienen können. Hierbei werden praxisnahe Trainingsprogramme entwickelt, die sowohl technisches Know-how als auch Wissen über die Wasserqualität und die Bedeutung der Einhaltung von Betriebsstandards vermitteln. Die Umsetzung eines detaillierten Betriebsplans erfolgt in enger Zusammenarbeit mit Projektpartnern und lokalen Stakeholdern wie beispielsweise Water Committees. Dieser Plan legt nicht nur die Betriebsabläufe und Wartungsintervalle fest, sondern umfasst auch ein Überwachungssystem zur regelmäßigen Kontrolle der Wasserqualität, beispielsweise im Rahmen des Umweltmonitorings durch die Laborkapazitäten vor Ort in Kamerun. Die enge Zusammenarbeit zwischen den lokalen Stakeholdern wie den Laboren und Water Committees ist entscheidend für die erfolgreiche Integration der Anlagen in die bestehenden Wasserversorgungsstrukturen der Gemeinde. Dies fördert nicht nur die Akzeptanz und Unterstützung seitens der lokalen Bevölkerung, sondern trägt auch dazu bei, den langfristigen Betrieb und die Wartung der Anlagen in Eigenverantwortung zu gestalten. Durch diesen partizipativen Ansatz wird die Nachhaltigkeit und Effizienz der Trinkwasserversorgung auch über die Projektlaufzeit hinaus gesichert.</p>
Vergleich zur ursprünglichen Planung	<p>Beiträge zur Technische Lösungen und Betreibermodell der PAULA-Anlage</p> <p>Die ursprüngliche Planung sah vor, dass die Umsetzung der Teilaufgabe durch Präsenz vor Ort in Kamerun erfolgt. Aufgrund der Auswirkungen der Covid-Pandemie, insbesondere im Hinblick auf den Gesundheitsschutz der Mitarbeiter und ihrer Angehörigen, war es jedoch nicht möglich, das Konzept, insbesondere das Betreibermodell, in Kamerun stärker zu begleiten und umzusetzen. Trotz dieser Herausforderungen konnte dank der kooperativen Unterstützung der Konsortialpartner ein wertvoller Beitrag zur Entwicklung der technischen Lösungen und des Betreibermodells geleistet werden.</p> <p>Vergleich zwischen geplanten und für die Umsetzung der Teilaufgabe notwendigen Ressourcen</p> <p>Für die Umsetzung der Aufgaben wurden insgesamt 2 Personenmonate ursprünglich geplant, dies erwies sich retrospektiv als zu knapp bemessen. Trotz dieser Herausforderung gelang es dank der engagierten Unterstützung unserer Projektpartner, die wesentlichen Ziele erfolgreich zu erreichen.</p> <p>Zukünftiger Nutzen der Erkenntnisse und Verwertbarkeit:</p> <p>Die gewonnenen Erkenntnisse und deren zukünftiger Nutzen sind vielversprechend. Die sorgfältige Auswahl der Standorte für die Installation der PAULA-Anlagen, basierend auf umfassenden Analysen von Wasser- und Bodenproben im Rahmen des Umweltmonitorings, liefert wertvolle Daten, die nicht nur die Gewährleistung der Wasserqualität unterstützen, sondern auch die Vermeidung von Kontaminationen durch Öle und Treibstoffe sicherstellen.</p>

	<p>Diese methodische Herangehensweise gewährleistet die langfristige Funktionsfähigkeit der Anlagen unter verschiedenen Umweltbedingungen und während Notsituationen. Die Erkenntnisse aus der zuverlässigen Versorgung der Anlagen mit Wasser und Strom sind ebenfalls von großer Bedeutung. Diese Faktoren sind entscheidend für die kontinuierliche Betriebsfähigkeit der PAULA-Anlagen und tragen zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung in vulnerablen Regionen bei. Die strikten Qualitätsstandards, die für die chemische Zusammensetzung des Wassers und die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Bodens erfüllt werden müssen, schaffen eine solide Grundlage für zukünftige Projekte zur Trinkwasseraufbereitung. Das entwickelte Betreibermodell, das sich an die örtlichen Gegebenheiten anpasst, bietet einen umfassenden Ansatz zur Sicherstellung der Betriebsbereitschaft und Effektivität der Anlagen. Die Schulung lokaler Betreiber und das Capacity Building sind zentrale Elemente, die die Nachhaltigkeit und Effizienz der Trinkwasserversorgung über die Projektlaufzeit hinaus sichern. Praxisnahe Trainingsprogramme, die technisches Know-how und Wissen über Wasserqualität vermitteln, fördern die langfristige Eigenverantwortung und Kompetenz der lokalen Akteure. Durch die enge Zusammenarbeit der lokalen Stakeholdern, einschließlich der Water Committees und Laborkapazitäten vor Ort, wird die Integration der Anlagen in die bestehenden Wasserversorgungsstrukturen der Gemeinden gefördert. Dies stärkt die Akzeptanz und Unterstützung seitens der lokalen Bevölkerung und trägt zur langfristigen Sicherung der Trinkwasserversorgung bei. Der partizipative Ansatz stellt sicher, dass die Anlagen nicht nur technisch einwandfrei funktionieren, sondern auch nachhaltig betrieben und gewartet werden, was die Resilienz und Gesundheit der betroffenen Gemeinden langfristig stärkt.</p> <p>Die gewonnenen Erkenntnisse aus der Auswahl der Standorte und der Implementierung der PAULA-Anlagen bieten nicht nur direkte praktische Vorteile für die Trinkwasserversorgung in vulnerablen Regionen, sondern haben auch eine weitreichende wissenschaftliche Bedeutung. Die umfassenden Analysen von Wasser- und Bodenproben im Rahmen des Umweltmonitorings liefern wertvolle Daten und Erkenntnisse über Umwelttoxikologie, die dazu beitragen können, zukünftige Entscheidungen in Bezug auf die Auswahl von Standorten für ähnliche Infrastrukturprojekte zu informieren. Darüber hinaus tragen die strikten Qualitätsstandards und die implementierten Überwachungssysteme zur regelmäßigen Kontrolle der Wasserqualität zur Weiterentwicklung von Methoden und Protokollen in der Trinkwasseraufbereitung bei. Diese wissenschaftlichen Erkenntnisse könnten auch als Grundlage für weitere Forschungsprojekte dienen, die sich mit der Sicherung und Verbesserung der Trinkwasserversorgung unter verschiedenen Umweltbedingungen befassen. Die partizipative Zusammenarbeit mit lokalen Stakeholdern und die Schulung lokaler Betreiber tragen nicht nur zur nachhaltigen Nutzung der PAULA-Anlagen bei, sondern fördern auch das Verständnis und die Anwendung von umwelttoxikologischen Prinzipien in der Gemeinschaft. Dieses Engagement für wissenschaftliche Forschung und Bildung unterstützt eine ganzheitliche Herangehensweise an die Wasserressourcenverwaltung und trägt zur Stärkung der Resilienz und Gesundheit der betroffenen Gemeinden bei.</p>
--	--

4.6. Sensibilisierung, Kommunikation, Training

Dieser Kapitel beleuchtet die umfassenden Schulungs- und Ausbildungsmaßnahmen, die zur Stärkung der lokalen Stakeholder durchgeführt wurden. Das IASU war maßgeblich an der Schulung von kamerunischen Projektpartnern, Labormitarbeitern in der routinemäßigen Probenahme, -analyse und Qualitätssicherung beteiligt. Ein besonderer Fokus lag auf der Entwicklung von Schulungsprogrammen zur Handhabung umwelttoxikologischer Gefahrstoffe. Diese Gefahrstoffe können nach Flutereignissen durch Mobilisierung aus Grundwasser, kontaminierten Böden und speziellen Gefahrstoffquellen wie Mülldeponien und Wirtschaftsbetrieben freigesetzt werden. Die Schulungen behandelten die gesundheitlichen Risiken, die Notwendigkeit kontinuierlicher Überwachung und Anpassung der Wasseraufbereitung sowie präventive Maßnahmen im Einzugsgebiet. Für die Aufklärung über gesundheitliche Risiken wurden Workshops zu wasserassoziierten Krankheiten und umwelttoxikologischen Belastungen gemeinsam mit Projektpartnern durchgeführt. Diese Maßnahmen tragen nachhaltig zur Verbesserung der Trinkwassersicherheit und Gesundheitsaufklärung in den betroffenen Regionen bei.

Tabelle 6: Sensibilisierung, Kommunikation, Training

<p>Sensibilisierung, Kommunikation, Training - Das IASU hat im Rahmen dieser Teilaufgabe sich an der Konzipierung und Durchführung der Schulungen zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung beteiligt. Mitarbeiter des IASU unterstützten bei der Konzeption und Durchführung von Workshops insbesondere zu umwelttoxikologischen Gesundheitsgefahren und Laborarbeiten. Durch diese Maßnahmen wurde die Trinkwassersicherheit erhöht und die langfristige Gesundheitsaufklärung und Integration umwelttoxikologischer Überwachungssysteme gefördert.</p>	
Geplanter Zeitraum der Teilaufgabe	Projektmonat 8 bis 36 zuzüglich Verlängerung der Projektlaufzeit
Geplante personelle Ressourcen:	Insgesamt 8 Personenmonate aufgeteilt auf:

	- 6 Personenmonate medizinischer Mitarbeiter; 2 Personenmonat labortechnischer Mitarbeiter
Geplante Sachressourcen	Reisekosten: Deutschland-Kamerun
Struktureller Aufbau der Teilaufgabe	Beiträge im Rahmen der Teilaufgabe <ul style="list-style-type: none"> - Konzeption der Aus- und Fortbildungsmaßnahmen - Bedarfsgerechte Anpassung der Inhalte und der Didaktik an die jeweilige Zielgruppe - Erstellung der Schulungsunterlagen - Mitorganisation der Durchführung - Evaluierung der Aus- und Fortbildungsmaßnahmen und gegeben falls deren Optimierung
Sensibilisierung, Kommunikation, Training	<p>Beschreibung:</p> <p>Die Sicherstellung einer kontinuierlichen und sicheren Trinkwasserversorgung in Kamerun, insbesondere angesichts der häufigen Überschwemmungsgefahren, erfordert umfassende Aus- und Fortbildungsmaßnahmen für lokale Fachkräfte und Verantwortliche in Politik, Verwaltung und Wirtschaft. Diese Maßnahmen, an dem das IASU überwiegend einen konzeptionellen Beitrag geleistet hat, sind darauf ausgerichtet, notwendige Kenntnisse und Fähigkeiten zur routinemäßigen Probenahme, Probenanalyse und Qualitätssicherung der Ergebnisse zu vermitteln. Die Zielgruppen dieser Maßnahmen umfassen Techniker und Ingenieure in der Wasserversorgung, Labormitarbeiter, Entscheidungsträger in kommunalen Wasserbehörden, Vertreter der Umweltbehörden sowie Mitglieder von Water Committees und Gemeindefeiler. Die Trainingssinhalte sind vielfältig und decken ein breites Spektrum an Themen ab, die für die Gewährleistung der Trinkwassersicherheit von zentraler Bedeutung sind.</p> <p>Zu Beginn der Trainings wurden die Grundlagen der Trinkwassersicherheit vermittelt. Dazu gehören wichtige Parameter der Wasserqualität und die Bedeutung der Trinkwassersicherheit für die öffentliche Gesundheit. Angesichts der häufigen Überschwemmungen in Kamerun, die durch starke Regenfälle und unzureichende Wasserbewirtschaftungssysteme verursacht werden, ist dieses Wissen besonders relevant. Überschwemmungen können zu einer erheblichen Verschlechterung der Wasserqualität führen, da Schadstoffe aus kontaminierten Böden und Oberflächengewässern mobilisiert werden. In diesem Zusammenhang wurde z.B. u.a. ein vormals konzipierter Workshop im Pilotgebiet Soa mit lokalen Stakeholdern durchgeführt. Der Workshop befasste sich mit der gemeinsamen, strategischen Eruierung und Festlegung eines überflutungssicheren Standortes der dezentralen Trinkwasseraufbereitungsanlage. Auch wenn das IASU selbst nicht vor Ort am Workshop teilnehmen konnte, wurden Aufklärungsmaterialien über die Gefahren von unkontrolliert abgelagertem Abfall und der dadurch möglichen Freisetzung von gesundheitlich beeinträchtigenden toxischen Substanzen in die Umwelt mit anschließendem Eintritt in den (Wasser-)Versorgungskreislauf beige-steuert. Die folgende Abbildung stellt ein Beispiel der erstellten Aufklärungsmaterialien dar.</p> <p>Das Diagramm 'Chemin de la pollution' zeigt den Weg von Verschmutzungsquellen zu einer kontaminierten Wasserfontäne. Oben sind vier Quellen dargestellt: Benzin/Huile usagée, Plastik/Matières plastiques, Batteries und Peintures/Vernis. Pfeile weisen von diesen Quellen auf eine Ebene 'Dommages directs / Dommages causés par les aliments' (z.B. Erbrechen, Durchfall, Nierenschäden, Krebs). Von dort führen Pfeile zu einer Wasserfontäne, die mit Schadstoffen kontaminiert ist.</p> <p>Durch diese Schulungsmaßnahmen wird die Trinkwassersicherheit in Kamerun erhöht. Gleichzeitig wird die langfristige Gesundheitsaufklärung gefördert und die Integration umwelttoxikologischer Überwachungssysteme verbessert. Diese Maßnahmen sind entscheidend, um die nachhaltige Versorgung mit sauberem Trinkwasser zu gewährleisten und die Bevölkerung vor den gesundheitlichen Risiken, die durch Überschwemmungen entstehen, zu schützen.</p> <p>Ein weiterer zentraler Bestandteil der Trainings ist die routinemäßige Probenahme. Den Teilnehmern werden Methoden und Techniken der Wasserprobenahme vermittelt, wobei besonderer Wert auf die Auswahl</p>

	<p>geeigneter Probenahmestellen und die Vermeidung von Kreuzkontaminationen gelegt wird. Die korrekte Probenahme ist entscheidend, um verlässliche Daten zur Wasserqualität zu erhalten, insbesondere nach Überschwemmungen, wenn die Gefahr der Kontamination mit Schadstoffen wie Ölen oder chemischen Substanzen erhöht ist. Die Probenanalyse bildet einen weiteren Schwerpunkt der Schulungen. Die Teilnehmer erhielten eine Einführung in gängige Analysemethoden, einschließlich chemischer, physikalischer und mikrobiologischer Tests. Sie lernen, Analysegeräte zu nutzen und zu kalibrieren sowie die Analyseergebnisse korrekt zu interpretieren. Diese Fähigkeiten sind unerlässlich, um die Auswirkungen von Überschwemmungen auf die Wasserqualität zu bewerten und geeignete Maßnahmen zur Wasseraufbereitung zu ergreifen.</p> <p>Qualitätssicherung ist ein weiterer wichtiger Aspekt der Schulungen. So wurde in Qualitätssicherungs- und Qualitätskontrollverfahren eingeführt und lernen, wie sie die Dokumentation und Nachverfolgbarkeit der z.B. der Probenahme sicherstellen können. Der Umgang mit Abweichungen und Fehlern in der Analyse wird ebenfalls behandelt, um die Zuverlässigkeit der Wasserqualitätsüberwachung zu gewährleisten. Ferner bildete die konzipierte und durchgeführte Schulungsmaßnahmen zur Methodik des Non-Target-Verfahrens eine inhaltliche Ergänzung. Angesichts der spezifischen Herausforderungen durch Überschwemmungen in Kamerun wurde auch die umwelttoxikologische Überwachung thematisiert. Die Aspekte beinhalten die Identifikation und Bewertung von umwelttoxikologischen Gefahrstoffen, die durch Überschwemmungen mobilisiert werden können. Die Stakeholder wurden vorbereitet, die Auswirkungen solcher Ereignisse auf die Wasserqualität zu verstehen und geeignete Präventions- und Schutzmaßnahmen zu entwickeln. Dazu gehören die routinemäßige Beobachtung der Belastungen und die Anpassung der Wasseraufbereitung.</p>
<p>Vergleich zur ursprünglichen Planung</p>	<p>Beiträge zur Technische Lösungen und Betreibermodell der PAULA-Anlage</p> <p>Die ursprüngliche Planung sah vor, dass die Umsetzung der Teilaufgabe durch Präsenz vor Ort in Kamerun erfolgt. Aufgrund der Auswirkungen der Covid-Pandemie, insbesondere im Hinblick auf den Gesundheitsschutz der Mitarbeiter und ihrer Angehörigen, war es jedoch nicht möglich vollumfänglich die konzipierten Maßnahmen, in Kamerun vor Ort zu begleiten und umzusetzen. Trotz dieser Herausforderungen konnte dank der kooperativen Unterstützung der Konsortialpartner ein breiter Maßnahmenkatalog und Schulungsprogramm, auch in Form von Workshops und Konferenzen (Abschlusskonferenz) initiiert werden.</p> <p>Vergleich zwischen geplanten und für die Umsetzung der Teilaufgabe notwendigen Ressourcen</p> <p>Für die Umsetzung der Aufgaben wurden insgesamt 8 Personenmonate ursprünglich geplant, dies erwies sich retrospektiv für die Umsetzung der Aufgabe als zielführend, wobei die Aufteilung in 6 Personenmonate medizinischer Mitarbeiter; 2 Personenmonat labortechnischer Mitarbeiter unausgewogen war, da retrospektiv mehr Aufgaben bei labortechnischen Mitarbeiter angesiedelt waren. Trotz dieser Herausforderung gelang es dank der engagierten Unterstützung unserer Projektpartner, die wesentlichen Ziele erfolgreich zu erreichen.</p> <p>Zukünftiger Nutzen der Erkenntnisse und Verwertbarkeit:</p> <p>Die durchgeführten Maßnahmen zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung in Kamerun haben bedeutende zukünftige Nutzen, Erkenntnisse und Verwertbarkeit gezeigt. Erstens, die Aus- und Fortbildungsmaßnahmen stärken nachhaltig die lokalen Kapazitäten. Durch die Schulung werden wichtige Kenntnisse zur Probenahme, -analyse und Qualitätssicherung vermittelt, die eine eigenständige und effiziente Sicherstellung der Trinkwasserversorgung ermöglichen. Zweitens, die regelmäßige und präzise Überwachung der Wasserqualität verbessert signifikant die Detektion und Behebung von Verunreinigungen. Besonders relevant ist dies angesichts der häufigen Überschwemmungen in Kamerun, die Schadstoffe mobilisieren und die Wasserqualität beeinträchtigen können. Drittens, die strategische Auswahl überflutungssicherer Standorte für Trinkwasseraufbereitungsanlagen erhöht die Resilienz der Wasserversorgungssysteme. Die Einbindung lokaler Stakeholder in diesen Prozess fördert die Akzeptanz und Unterstützung der Bevölkerung und stärkt das lokale technische Wissen. Zusätzlich tragen die entwickelten Aufklärungsmaterialien über die Gefahren unkontrolliert abgelagerten Abfalls zur Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung bei, was präventiv gegen Umweltverschmutzungen wirkt und die nachhaltige Nutzung der Wasserressourcen unterstützt. Die gewonnenen Erkenntnisse und entwickelten Konzepte bieten wertvolle Modelle für ähnliche Herausforderungen in anderen Regionen und dienen als Grundlage für weitere Forschungsprojekte und internationale Kooperationen. Die dokumentierten Methoden fördern den globalen Wissensaustausch und die gemeinsame Entwicklung effektiver Lösungen zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung. Insgesamt tragen diese Maßnahmen nicht nur zur unmittelbaren Verbesserung der Trinkwassersicherheit in Kamerun bei, sondern haben auch langfristig positive Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit und Umwelt. Die Ergebnisse sind breit anwendbar und bieten Potenzial für internationale Verwertung und Weiterentwicklung..</p>