



Hydroélectricité Idjwi

Bericht zur ersten Bauphase

September – Dezember 2018

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	2
2. Projektübersicht	3
2.1. Projektentstehung.....	3
2.2. Projektstandort	4
2.3. Projektpartner	4
2.4. Projektphasen.....	5
2.5. Verlauf der ersten Projektphase	6
3. Soziokulturelle Arbeit	7
3.1. Sensibilisierung und kulturelle Bildung der Mitglieder	7
3.2. Kultureller und technischer Austausch vor Ort	7
3.3. Die Wirkung des Projekts verstehen/im Blick behalten	7
4. Finanzen	9
4.1. Kostenplanung / Kostenschätzung	9
4.2. Fundraising	10
5. Technik	12
5.1. Vorhandene Anlagen.....	12
5.2. Wasserbau.....	13
5.3. Maschinenhaus.....	15
5.4. Trasse.....	17
5.5. Netz	17
6. Fazit	19
7. Ausblick.....	20

1. Einleitung

Nach etwa zwei Jahren Planung und Vorbereitung hat das Projekt *Hydroélectricité Idjwi* als Teil der *Engineers Without Borders – Karlsruhe Institute of Technology e.V.* von September bis Dezember 2018 die erste Bauphase abgeschlossen. Warum ein Projekt auf Idjwi in der Demokratischen Republik Kongo?

Die Insel Idjwi ist wegen seiner isolierten Lage nicht an das öffentliche Stromnetz des staatlichen Energieversorgers SNEL angeschlossen. Fehlt eine sichere und bezahlbare Stromversorgung, wird die wirtschaftliche Entwicklung gehemmt und Gesundheits- und Bildungseinrichtungen werden in ihrer Funktion beeinträchtigt. Die kongolesisch-kanadische Nichtregierungsorganisation (NGO) PROLASA hat mit einem Industriecampus auf Idjwi einen Ort geschaffen, an dem dieser Entwicklung entgegengewirkt wird. Der Campus bietet eine Umgebung für Betriebe, die jungen Menschen eine Perspektive durch handwerkliche Ausbildung bietet. Eine Umgebung, die Arbeitsplätze sichert und mit Produkten „Made in Congo“ den Grundstein für eine nachhaltige Entwicklung durch lokale Wertschöpfung legt.

Das Projekt *Hydroélectricité Idjwi* versteht sich als Katalysator einer Entwicklung, die die lokale Bevölkerung auf Idjwi mit großem Einsatz angestoßen haben. Durch technisches Know-How möchten wir die faszinierende Vision unserer Projektpartner unterstützen und haben den ersten großen Schritt in diese Richtung im Laufe der vergangenen Bauphase getan.

Ohne Sie wäre dieses Projekt nicht möglich gewesen. Für Ihre Unterstützung möchten die Engineers Without Borders Ihnen herzlich danken. Was genau mit Ihrer Spende ermöglicht wurde, erfahren Sie auf den kommenden Seiten.



Stromtrasse vom Kraftwerk zum Industriecampus, Blick auf den Kivu-See

2. Projektübersicht

2.1. Projektentstehung

Die drei Gründungsmitglieder des Projekts (Jorrit Drinhaus, Matthias Luh und Willy Kästner) waren von 2013 bis 2015 bereits im Solarprojekt „Ssama School“ in Uganda aktiv. Jorrits Vater war für Brot für die Welt bereits mehrere Jahre im Kongo aktiv und hat mit den Écoles Conventionnées Protestantes (ECP), einem der jetzigen Projektpartner, zusammengearbeitet. Auch Jorrit selbst, der sich im Rahmen von Fortbildungen für Lehrer und Professoren im Kongo engagierte, hatte im Laufe des EWB-Projektes in Uganda Kontakt zu ECP. Während dieser Zeit hat sich ECP mit der Idee eines gemeinsamen Energieprojekts von ECP und EWB an Jorrit gewandt. Die kirchliche Organisation, die eine Vielzahl von Schulen im Osten der Demokratischen Republik Kongo verwaltet, hatte das Problem der unzureichenden Energieversorgung in ländlichen Bereichen des Kongo erkannt und hatte folglich ein großes Interesse daran, die Lage der Stromversorgung von Schulen in der Region zu verbessern. Daraufhin wurde im Sommer 2015 beschlossen, ein neues EWB-Projekt im Kongo zu gründen.

Auf der Erkundungsreise im Januar 2017 wurden drei mögliche Projektstandorte besucht, darunter auch der Industriecampus des Projektpartners PROLASA auf der Insel Idjwi. In Folge dieser Reise wurde die Entscheidung getroffen eine Umsetzung des Wasserkraftprojekts am jetzigen Projektstandort auf Idjwi anzustreben.

Diese Entscheidung bedeute eine Änderung der ursprünglichen Projektausrichtung, die allerdings durch verschiedene Faktoren gestützt wurde.

Am Projektstandort auf Idjwi hatte PROLASA schon vor mehreren Jahren ein Wasserkraftprojekt begonnen. Diese lokale Initiative und Motivation bedeuten einen starken Rückhalt für das Projekt vor Ort. Das bereits begonnen Wasserkraftwerk war aufgrund technischer Schwierigkeiten in seiner Nutzbarkeit stark eingeschränkt. Mit relativ wenig Aufwand war so durch die Instandsetzung der vorhandenen Anlage eine große Wirkung zu erwarten.

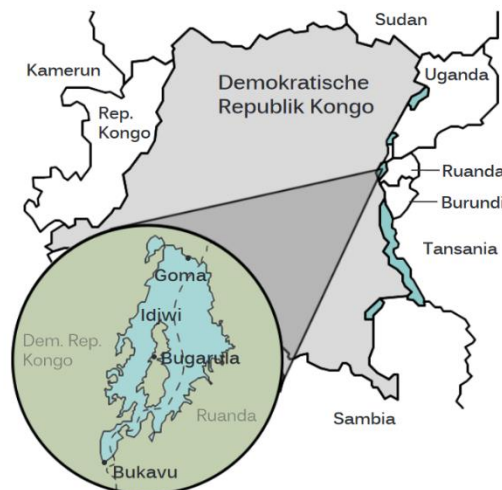
Die wertschöpfende Nutzung des Stromes durch die Betriebe auf dem Industriecampus, sowie das vorhandene technische Know-How unterstützen den langfristigen Betrieb und Instandhaltung des Wasserkraftwerks. Die gute Sicherheitslage auf Idjwi sichert außerdem die Projektumsetzung und die langfristige Zusammenarbeit mit den Partnern vor Ort.

Eine zentrale Frage, die sich zu Beginn des Projektes gestellt hat und die auch heute noch oft gestellt wird, ist die der Art der Stromerzeugung. Warum gerade Wasserkraft und nicht Photovoltaik?

Oftmals werden für autarke Netze – sogenannte Inselsysteme – Photovoltaikanlagen in Kombination mit Batteriespeichern eingesetzt. Die Erfahrung in Ländern des globalen Südens zeigt jedoch viele Anlagen, die durch die Alterung der Batterie nicht mehr wie geplant genutzt werden konnten und bei denen die Nutzer mit dem Ausfall einer Batterie vor der Hürde einer großen Neuinvestition standen. Die meisten Komponenten, insbesondere die Batterien und Photovoltaikmodule, lassen sich zudem nicht oder nur bedingt reparieren und werden nicht lokal hergestellt. Windkraftwerke benötigen ohne Anbindung an weitere Kraftwerke ebenfalls Batteriespeicher. Bei Wasserkraftwerken (WKW) mit ununterbrochenem Durchfluss kann auf eine Batterie verzichtet werden. Außerdem sind viele Komponenten eines WKW lokal verfügbar und die Wartung ist technisch und finanziell realisierbar.

2.2. Projektstandort

Die Insel Idjwi befindet sich im Osten der Demokratischen Republik Kongo (DRC). Sie ist vollständig vom Kivu-See umschlossen, der eine natürliche Grenze zwischen Ruanda und der DRC bildet. Der Kivu-See bedeckt eine Fläche von etwa 2.400km² (zum Vergleich: Bodensee ca. 536km²). Idjwi hat etwa 250.000 Einwohner und eine Fläche von 285km² bei einer Länge von 40km. Der Industriecampus befindet sich etwa 6km entfernt vom Ort Bugarula. Aktuell befinden sich dort eine Maismühle, eine Tischlerei, eine Hühnerfarm mit Aufzucht, eine Abfüllanlage für Saft- und Wasser, eine Seifenfabrik, eine Kaffeesortieranlage und ein Gemeindehaus. Die Stromversorgung wurde bisher mittels Dieselgeneratoren sichergestellt. Der Dieselpreis liegt auf Idjwi zwischen 1-1,2 US\$. Dieser hohe Preis verhindert eine sichere und wirtschaftliche Stromversorgung und hemmt das weitere Wachstum des Campus und somit den Ausbau von Arbeits- und Ausbildungsplätzen.



Lage Idjwis in der Demokratischen Republik Kongo

2.3. Projektpartner

Für ein Projekt wie dieses ist die Zusammenarbeit mit lokalen Partnern unerlässlich. Sie sind Ansprechpartner für Fragen rund um Logistik, Arbeitskräfte, Umgang mit kongolesischen Behörden und vielem mehr. Zudem ist EWB nur begrenzte Zeit vor Ort und muss sicherstellen, dass das Projekt nach der Bauphase in verlässliche Hände übergeben wird. Ohne starke Partner vor Ort wäre dieses Projekt schlicht nicht realisierbar. Hydroélectricité Idjwi kann sich im Wesentlichen auf drei kongolesische Partner verlassen:

- Die Coordination Provinciale des Écoles Conventionnées Protestantes au Sud-Kivu, kurz ECP, ist eine kongolesische Nichtregierungsorganisation der Église du Christ au Congo (ECC) mit Sitz in Bukavu. ECP koordiniert rund 2.000 Schulen in der Provinz und verfügt über ein ausgedehntes Netzwerk in der Region.

- Das Centre de Promotion Rurale (CPR) ist eine NGO, die von der evangelischen Gemeinde „Communauté Baptiste au Centre de l’Afrique“ (CBCA) gegründet wurde. CPR ist ebenfalls Teil der ECC. Das Ziel von CPR ist es, die Lebensbedingungen der Menschen auf Idjwi zu verbessern. Hierfür werden beispielsweise Landwirtschaftsprojekte betrieben, die der Nahrungsmittelsicherung und der Wiederaufforstung dienen sollen. CPR berät und unterstützt uns bei Fragen zum Erosionsschutz und hat für uns den Kontakt zu Amts- und Würdenträgern auf Idjwi hergestellt.
- Der dritte Partner für dieses Projekt, das Programme des Laics pour la Santé (PROLASA), ist eine 1985 gegründete kongolesisch-kanadische Organisation, die neben Krankenhäusern auch ein Waisenhaus und den oben genannten Industriecampus mit Ausbildungszentrum auf Idjwi betreibt.

2.4. Projektphasen

Im Rahmen der Konzeptplanung des EWB-Projektes wurde ein phasenweises Vorgehen beschlossen. Dadurch sollten eine zeitnahe Umsetzung und Verbesserung der Nutzbarkeit der vorhandenen Anlage gewährleistet werden. Gleichzeitig gibt das phasenweise Vorgehen die Möglichkeit, wertvolle Erfahrungen in der Projektumsetzung auf Idjwi und genauere Daten zu Standortgegebenheiten zu sammeln und so eine bessere Planbarkeit der späteren Projektphasen zu gewährleisten.

Es wurden dabei drei Phasen festgelegt:

In **Projektphase 1** sollte die Nutzbarkeit der vorhandenen Anlage sichergestellt werden.

Projektphase 2 sollte die Vergrößerung der Reichweite und den Anschluss weiterer Verbraucher neben dem Industriecampus umfassen.

In **Projektphase 3** sollte die Leistung des Wasserkraftwerks ausgebaut werden.

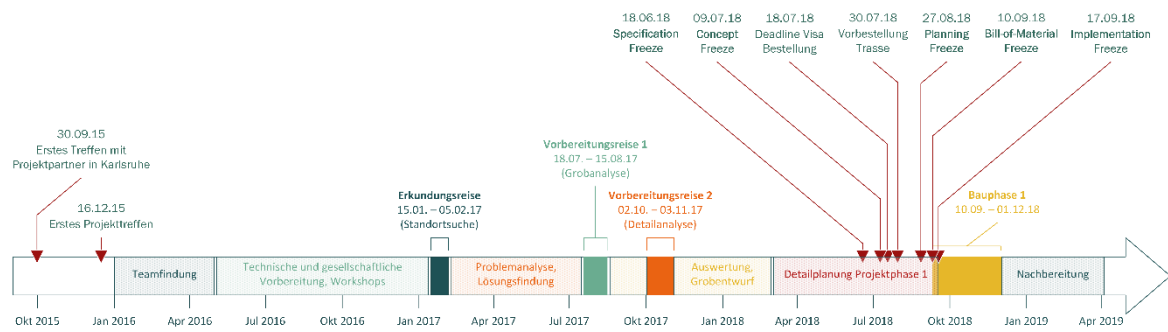
Projektphase 2 und 3 sollten dabei je nach Bedarf vertauscht werden. Projektphase 1 wurde in der Bauphase 2018 abgeschlossen und wird im Folgenden genauer beschrieben.

Die erste Projektphase stellt gewissermaßen einen Zwischenschritt zum Erreichen des endgültigen Ziels, dem Aufbau einer zuverlässigen und leistungsstarken Stromversorgung für den Industriecampus, dar. Deshalb lag ein Fokus darauf, Ausgaben für ausschließlich in Projektphase 1 genutztes Material zu minimieren und somit Investitionen mit kurzfristigem Nutzen soweit wie möglich zu vermeiden. Vorhandenes Material und Infrastruktur sollte möglichst umfassend und mit geringem Aufwand nutzbar gemacht werden. Dieser Fokus wurde besonders im Bereich des Wasserbaus und Maschinenhauses gelegt.

Gleichzeitig sollte sichergestellt werden, dass große Investitionen langfristig in zukünftigen Projektphasen nutzbar sind.

2.5. Verlauf der ersten Projektphase

Der folgende Zeitstrahl zeigt den Verlauf des Projektes bis zur ersten Bauphase:



3. Soziokulturelle Arbeit

Es war und ist ein wichtiges Anliegen unserer Arbeit, nicht nur eine technische Lösung zur Verfügung zu stellen. Vielmehr haben wir den Versuch unternommen, uns umfassend mit den gesellschaftlichen Zusammenhängen und der Wirkung unseres Projektes vor Ort auseinander zu setzen. Daher beinhaltet unser Projekt weitere wichtige Aspekte, die über das konkrete Projektziel – den Aufbau einer zuverlässigen Stromversorgung – hinausgehen:

3.1. Sensibilisierung und kulturelle Bildung der Mitglieder

Im Rahmen von regelmäßigen Workshops, Diskussionen, Rollenspielen und Input-Vorträgen haben wir uns als Team intensiv mit verschiedenen Fragestellungen aus der Entwicklungszusammenarbeit beschäftigt. Dabei standen zum einen das Verständnis von und der Umgang mit anderen Kulturen im Vordergrund. Zum anderen wurden globale Zusammenhänge und Abhängigkeiten sowie typische Problematiken der Entwicklungszusammenarbeit thematisiert. Diese im Vorfeld gesammelten „Softskills“ wurden zu einem wichtigen Werkzeug in der Umsetzung des Projekts, denn sie haben uns ermöglicht, die Situation und Bedürfnisse vor Ort besser verstehen und einzuschätzen zu können und auf diese zu reagieren.

3.2. Kultureller und technischer Austausch vor Ort

Während des Aufenthaltes vor Ort haben die Projektmitglieder direkt am Alltag der Menschen auf dem Industriecampus von PROLASA teilgenommen und konnten so ein tieferes Verständnis für deren Leben und Arbeitsweise gewinnen. Durch viele gemeinsame Feierlichkeiten, wie z.B. Gottesdienste zur Begrüßung und zum Abschied, ein gemeinsames Essen mit dem Baustellen-Team oder ein Fußballturnier, wurde eine Plattform für ein gegenseitiges Näherkommen und kulturellen sowie persönlichen Austausch geschaffen. Besonders bei der gemeinsamen Arbeit am Projekt und auf der Baustelle war uns ein technischer und persönlicher Austausch wichtig. Durch gemeinsame Besprechungen und eine tägliche Abschlussrunde gab es viel Raum für Fragen, Diskussionen und Informationsaustausch sowie gemeinsame Lösungsfindung. So konnten viele Probleme mit lokal bewährten Methoden gelöst werden und das technische Wissen bleibt langfristig vor Ort erhalten. Der intensive Austausch mit den Menschen vor Ort ist für uns zum einen ein großer persönlicher Gewinn und wurde zugleich zu einem essenziellen Erfolgsfaktor für das Projekt.

3.3. Die Wirkung des Projekts verstehen

Um die Auswirkungen unserer Projektarbeit im Gesellschaftlichen und beruflichen Leben der Menschen zu verstehen, haben wir uns an der Methodik „Kursbuch Wirkung“ von Phineo orientiert. Dabei wurde im Rahmen der Projektfindung und -planung eine mehrstufige Wirkungslogik entwickelt. Diese beinhaltet alle von uns erwarteten oder erhofften Ergebnisse und Auswirkungen des Projektes. Im Kleinen und Konkreten beginnen diese Ergebnisse beim Ausbau der Wasserkraftanlage und des Stromnetzes – als große und langfristige Wirkung erhoffen wir uns für die Zielgruppe auf Idjwi neue Möglichkeiten zur persönlichen Entwicklung und Lebensgestaltung. Im zweiten Schritt wurden Indikatoren für die gewünschte Veränderung entwickelt – gemeint sind hier zahlenbasierte, messbare Kennwerte zur Beobachtung von nicht konkret messbaren Entwicklungen. Vor, während und nach der Projektumsetzung konnten wir mit Hilfe dieser Indikatoren den Ist-

Zustand und eventuelle Veränderungen festhalten und evaluieren. So konnten zum Beispiel die Stromausfallzeiten bereits verringert und die verfügbare elektrische Leistung erhöht werden. Durch regelmäßigen Kontakt zu den Menschen auf dem Industriecampus, hören wir von Problemen, Problemlösungen, Ideen und Wünschen und können so versuchen, die Entwicklung vor Ort weiter zu unterstützen. Auf lange Sicht hoffen wir, dass so die Nutzung des Stroms ausgeweitet und die Arbeitsplätze und Einnahmen vor Ort sowie die Zufriedenheit der Nutzer erhöht werden können.

4. Finanzen

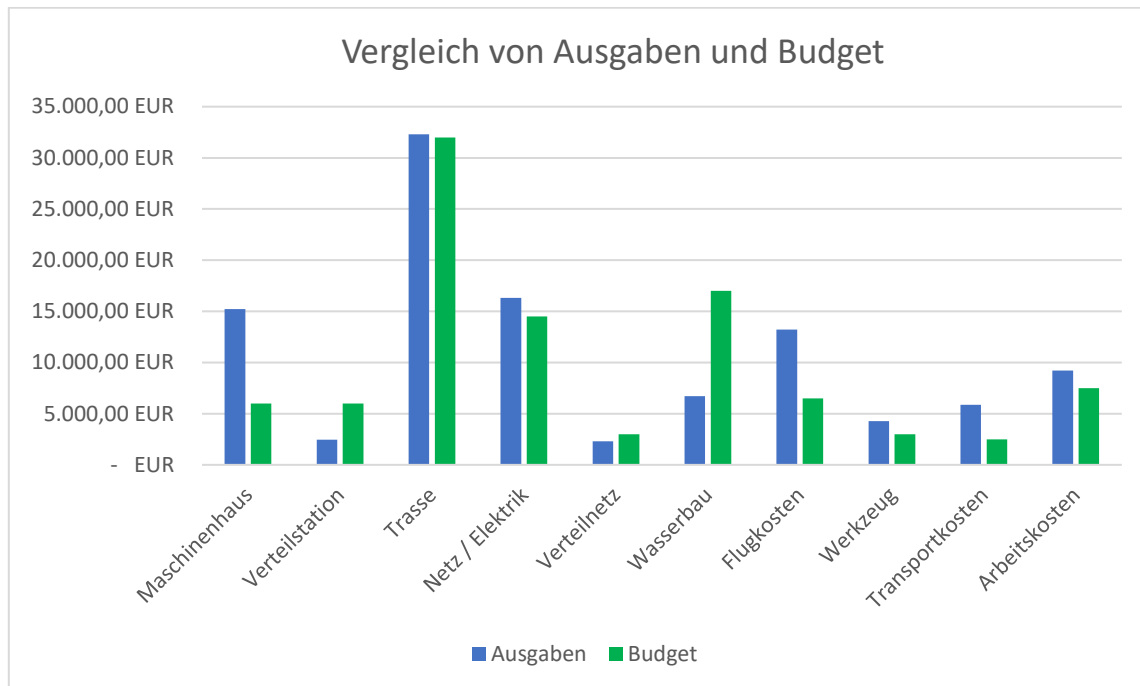
4.1. Kostenplanung / Kostenschätzung

Der erste Entwurf der Kostenschätzung aus dem Jahr 2017 belief sich auf etwa 78.000 EUR. Die Planung fußte damals allerdings noch auf einem Mittelspannungs-Konzept mit einer 15kV-Leitung und zwei Transformatoren. Dieses Konzept soll hier nicht näher betrachtet werden, da es durch die technisch und vor allem unter Sicherheitsaspekten deutlich sinnvollere Niederspannungslösung ersetzt wurde.

Für die Niederspannungslösung fallen die beiden Transformatoren als Kostenpunkt weg, dafür sind die isolierten 95mm² NS-Freileitungen deutlich teurer als in der MS-Variante. Daraus resultieren auch die hohen veranschlagten Kosten für die Trasse in Höhe von 32.000 EUR. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Kostenschätzung für alle Bereiche sowie die tatsächlichen Ausgaben:

Bereich	Budget in EUR	Ausgaben in EUR
Maschinenhaus	6.000	15.214,69
Verteilstation	6.000	2.466,42
Trasse	32.000	32.293,40
Netz / Elektrik	14.500	16.316,26
Verteilnetz	3.000	2.288,54
Wasserbau	17.000	6.718,14
Flugkosten	6.500	4.410,44
Werkzeug	3.000	4.277,15
Transportkosten	2.500	5.860,48
Arbeitskosten	7.500	9.219,33
Σ	98.000	99.064,85

Hierbei ist zu beachten, dass das Budget die Kostenschätzung inkl. 10% Planungsrisiko und 10% Risikozuschlag für Unvorhergesehenes enthält. Die resultierenden 20% Risiko sind auch in Deutschland bei Umbau- oder Sanierungsprojekten üblich. Der Posten Trasse enthält als einziger keinen Risikozuschlag, da hier ein reiner Neubau vorliegt und Masten, Freileitung und Befestigungsmaterial bereits vor der Bauphase bestellt wurden. Es war abzusehen, dass sich an diesem Posten nur geringfügige Änderungen ergeben können. Die „Einsparungen“ wurden auf den Posten Netz/Elektrik umgelegt. Nachstehende Abbildung zeigt, wie sich die tatsächlichen Ausgaben im Vergleich zur Kostenschätzung mit Risikozuschlag verhalten:

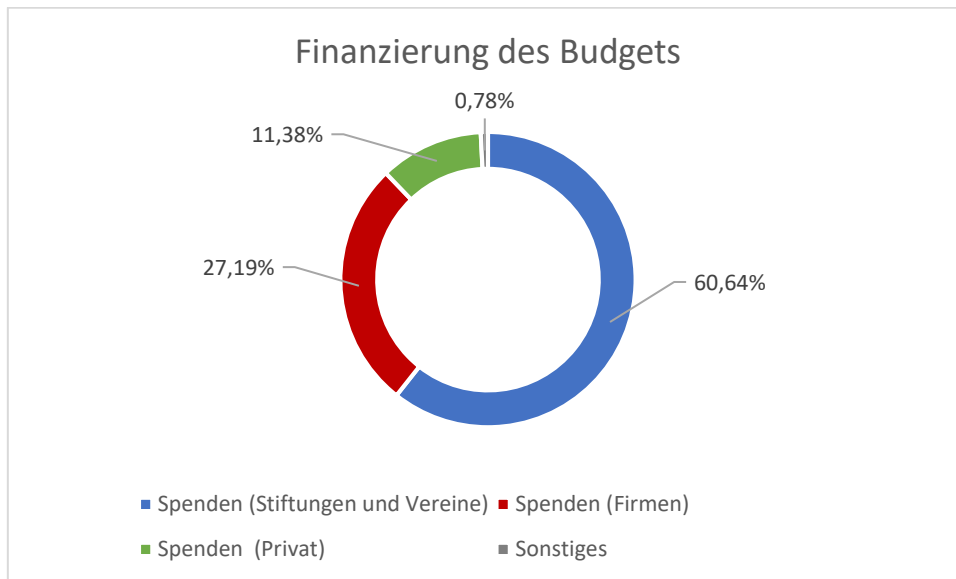


Der Wasserbau ist als einziges Gewerk deutlich unter dem geplanten Budget geblieben. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass hier aus Mangel an Erfahrung das Budget für die nötigen Materialkosten (z.B. Zement) auf Schätzwerten basierte. Verteilnetz und Verteilstation sind ebenfalls innerhalb des Kostenrahmens umgesetzt worden. Die mit 6.000 EUR veranschlagte Verteilstation wurde für insgesamt 2.466,42 EUR gebaut, hier konnten die Kosten für EWB vor allem durch einen hohen Eigenanteil des Projektpartners PROLASA gesenkt werden.

Insgesamt sind die geplanten Kosten inkl. Risikozuschlag um etwa 1.000 EUR (ca. 1%) überschritten worden. Für ein Sanierungsprojekt im Ausland in einer unzugänglichen Gegend ein insgesamt zufriedenstellendes Ergebnis. Zu betonen ist allerdings, dass ein 20%iger Risikoaufschlag bei einem solchen Projekt in jedem Fall angebracht ist.

4.2. Fundraising

Das Budget für dieses Projekt setzt sich hauptsächlich aus Stiftungsgeldern sowie Spenden von Privatpersonen und Firmen zusammen. Um das Budget in Höhe von 98.000 EUR zu ermöglichen, hat sich ein 5-10-köpfiges Fundraising-Team mehr als ein Jahr lang damit befasst, Stiftungsbewerbungen zu verfassen, Flyer und eine Projektbeschreibung zu entwerfen und für das Projekt zu werben. Wie sich das Budget auf die verschiedenen Einnahmequellen aufschlüsselt, zeigt die nachfolgende Grafik:



Etwa 60% des Budgets stammen von Stiftungen und Vereinen, knapp ein Drittel des Budgets haben Firmen gespendet. Private Spender haben mit mehr als 11% zur Finanzierung des Budgets beigetragen. Der Posten *Sonstiges* beinhaltet vor allem Einnahmen aus verschiedenen Informationsständen, bei denen z.B. Getränke und Waffeln verkauft werden.

Von den Marketingmaßnahmen, um das Projekt zu bewerben, ist insbesondere die Zusammenarbeit mit der Karlsruher Rösterei Tostino hervorzuheben. Diese hat über einen niederländischen Importeur Kaffee aus Idjwi bezogen und wirbt für das Wasserkraftprojekt am Herkunftsort des Kaffees. Zusätzlich werden pro verkauftem Kilogramm Kaffee 3 EUR an EWB gespendet. Der Import von Kaffeebohnen aus dem Kongo geht zudem über eine reine Marketingmaßnahme hinaus, er ist ein erster Schritt hin zum Aufbau einer (Agrar-)Industrie, die ein nachhaltiges Wachstum von Wertschöpfung und Arbeitsplätzen auf Idjwi ermöglichen kann.

5. Technik

Die in der ersten Bauphase umgesetzten technischen Maßnahmen lassen sich auf die vier Fachbereiche Wasserbau, Maschinenhaus, Trasse und Netz aufteilen und werden nach einer Übersicht der vorhandenen Anlagen beschrieben.

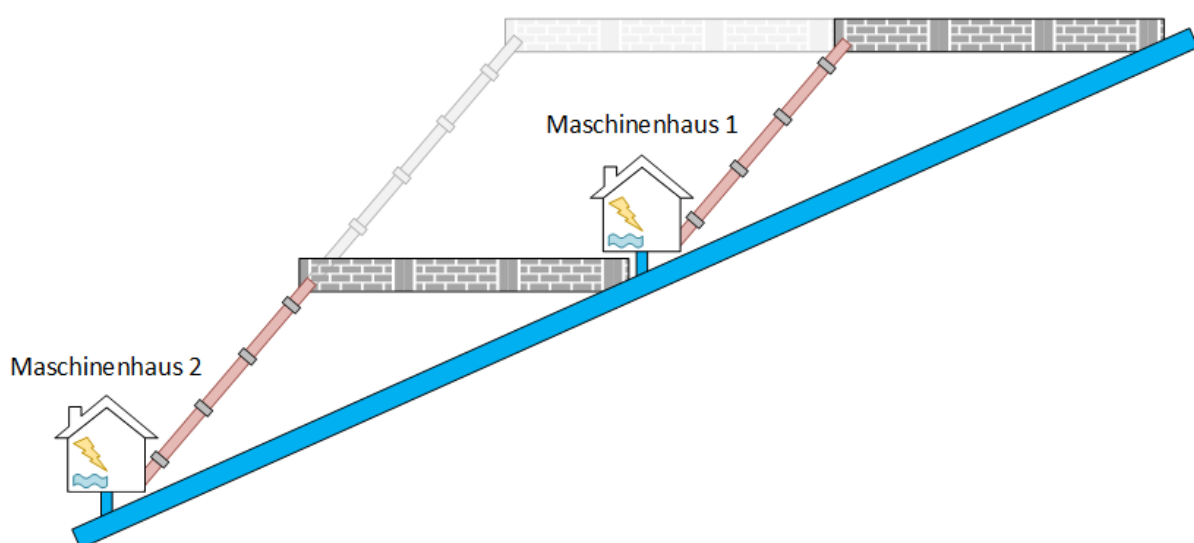
5.1. Vorhandene Anlagen

Auf zwei Vorbereitungsreisen im Sommer und Herbst 2017 zum Projektstandort wurden die lokalen Gegebenheiten und die bereits begonnene Wasserkraftanlage detailliert untersucht. Basierend darauf wurden Konzept und Phasen des Projektes „Hydroélectricité Idjwi“ festgelegt.

Der lokale Projektpartner PROLASA hat schon mehrere Jahre vor der Kontaktaufnahme mit EWB mit dem Bau eines Wasserkraftwerks zur Stromversorgung des Industriecampus auf Idjwi begonnen.

Technische Schwierigkeiten schränkten den Nutzen der vorhandenen Anlage jedoch stark ein. Dennoch konnten in der vergangenen Bauphase einige vorhandenen Komponenten und Material der bestehenden Anlage weiterverwendet werden.

Vor der Durchführung der ersten Bauphase gemeinsam mit EWB bot sich vor Ort folgendes Bild: Am Bach Tama war, ungefähr 1,2 Kilometer vom Industriecampus entfernt ein Wasserkraftwerk mit einer Fallhöhe von 59 Metern in Betrieb. (Im Folgenden Maschinenhaus 1 genannt) Den Zufluss zu Maschinenhaus 1 bildete ein Kanal von 450 Meter Länge, der an vielen Stellen nicht oder nur teilweise befestigt ist. Im Maschinenhaus befand sich eine Durchströmturbine, welche über einen Keilriemen einen fremderregten Synchrongenerator mit einer Nennleistung von 250 kVA antrieb. Des Weiteren waren 3 Lastregler der Firma IREM installiert. Zwei dieser Lastregler, sowie der Spannungsregler des Generators waren durch eine Überspannung beschädigt und nicht mehr nutzbar. Der Spannungsregler des Generators wurde durch eine, vor Ort hergestellte, unregelte Spannungsquelle ersetzt.



Schema der bestehenden Anlagen, grau hinterlegt die Option einer Kanalverlängerung in folgenden Bauphasen für eine Erhöhung der nutzbaren Leistung

Der Industriecampus war über eine Freileitung (4 x 16 mm² AL) mit dem Wasserkraftwerk verbunden. Der niedrige Querschnitt der verwendeten Leitung sorgte für einen großen Spannungsabfall, wodurch die Spannung am Industriecampus abhängig von der Leistung auf bis zu 70V sank.

Aufgrund der geringen Spannungsqualität und einer häufig zu niedrigen Netzfrequenz war der Nutzen der vorhandenen Anlage stark eingeschränkt. Insbesondere beim Betrieb größerer Anlagen musste auf einen Dieselgenerator zurückgegriffen werden.

Gleichzeitig verursachten technische Mängel großen Verschleiß und einen häufigen Ausfall der Anlage, wodurch der Aufwand für Wartung und Instandhaltung groß war.

Um die Stromversorgung des Industriecampus zu verbessern, wurde durch den Projektpartner PROLASA der Bau eines zweiten Wasserkraftwerkes unterhalb des ersten und ca. 700 Meter vom Industriecampus entfernt begonnen. (Im Folgenden Maschinenhaus 2)

Dieses Wasserkraftwerk verfügte über einen 365 Meter langen, befestigten Zulaufkanal und ein Fallrohr mit 53 Meter Fallhöhe. Es war jedoch kein Generator installiert. Eine Stromtrasse zum Industriecampus war ebenfalls nicht vorhanden.

Unter anderem aufgrund der besseren Qualität der Bausubstanz von Maschinenhaus 2 und dessen Zulaufkanal, der geringeren Entfernung zum Industriecampus und der Erweiterbarkeit im Rahmen der nächsten Projektphasen wurde beschlossen, Maschinenhaus 2 in der ersten Projektphase instand zu setzen, in Betrieb zu nehmen und gleichzeitig Maschinenhaus 1 stillzulegen.

5.2. Wasserbau

Die wasserbaulichen Anlagen des Kraftwerks umfassen alle Bauwerke, die sich oberhalb des Maschinenhauses befinden. Dazu zählen der Zulaufkanal, Einrichtungen zur Regulierung des Wasserzu- und -abflusses (hier „Überläufe“), Filter- (Sandbecken, Rechen) und Stauvorrichtungen (Druckbecken) und das Fallrohr.

Hauptarbeitsfelder während der ersten Bauphase waren Sanierungsarbeiten am Zulaufkanal, die Weiterführung des Zulaufkanals hinter dem Druckbecken, die Installation neuer Verschlüsse für die Überläufe, Schutzmaßnahmen gegen die starke Erosion am Hang und die vollständige Lagerung des Fallrohres inklusive des Druckblockes am unteren Ende.

Im Folgenden werden alle Maßnahmen in ihrer räumlichen Anordnung entlang des Wasserflusses in Umfang und Ausführung beschrieben.

Bereits vor unserer Ankunft am Projektstandort ereigneten sich zwei Kanalbrüche. Aus Erklärungen der Ist-Situation und vorangegangener Geschehnisse ist davon auszugehen, dass beide Bruchstellen durch eine Unterspülung des Kanals entstanden sind. Diese Baustelle war maßgeblich dadurch geprägt, dass die Planungskompetenzen von EWB und die Ausführungskompetenzen des Projektpartners sich optimal ergänzen. So haben wir die Bauleitung und -überwachung übernommen, während der Projektpartner die bauliche Umsetzung der Planung in übernahm.



Reparierter Kanalabschnitt

An einigen Stellen musste die Begrenzungsmauer des Kanals erhöht werden, um ein Überlaufen in der Regenzeit zu verhindern. Wieder wurde in Zusammenarbeit mit den örtlichen Technikern ein Plan auf Basis ihrer Schilderungen und Erfahrungen entworfen und durch unseren Partner umgesetzt.

Ebenso verhielt es sich mit der Kanalverlängerung. Bisher gab es keinen geregelten Abflussweg für das überlaufende, gestaute Wasser aus dem Druckbecken. Ohne diese Einrichtung kann das Wasser unkontrolliert am Hang herablaufen und nachfolgende Einrichtungen wie das Fallrohr oder das Maschinenhaus nachhaltig beschädigen. Aus diesem Grund wurde ein Überlaufkanal als Verlängerung des Zulaufkanals direkt hinter das Druckbecken gebaut. So können Beschädigungen weiterer Kraftwerksbestandteile verhindert werden.

Im Druckbecken wird das durch den Zulaufkanal geleitete Wasser gestaut, um das nachfolgende Fallrohr vollständig mit diesem zu füllen. Bisher war das Rohr nicht gelagert, sondern lag nur lose auf dem Hang auf. Bei Regenfällen oder aus dem Kanal überlaufendem Wasser wurde das Fallrohr zur Leitlinie an dem dieses herabfließen konnte. Im Folgenden entwickelten sich Erosionserscheinungen wie weniger Bewuchs und Erdrutsche, sodass das Rohr an einigen Stellen über mehrere Meter frei in der Luft hing. Mithilfe von 22 bewehrten Betonfundamenten, konnten wir nicht nur das Fallrohr angemessen lagern, sondern haben auch gleichzeitig Fixpunkte zur Hangbefestigung geschaffen. Zusätzlich wurden schnell wachsende und tief wurzelnde Büsche angepflanzt. Dadurch soll langfristige der Hang weiterhin und besser gegen Erosionserscheinungen geschützt werden.

Die letzte wasserbauliche Maßnahme war die Herstellung des Druckblockes am Übergang von Fallrohr zu Turbine. Zuvor wurden alle Kräfte, die auf das Fallrohr wirkten auf die Turbine übertragen und darüber abgetragen. Da dies zu Schäden an der Turbine führen kann war es notwendig, den untersten



Blick auf das gelagerte Fallrohr und das Maschinenhaus 2



Betonieren des Druckblockes

Teil des Fallrohres komplett in einen bewehrten Betonblock einzubetonieren. So werden alle Kräfte über den Betonquader abgetragen und anderen Teile des Wasserkraftwerks werden geschützt.

Am Maschinenhaus wurden ebenfalls Schutzmaßnahmen gegen Erosionserscheinungen angebracht. Dafür wurden rund um das Gebäude Natursteinmauern errichtet und der Boden mit Kies verschüttet, um anstehendes Regenwasser zu verlangsamen.

5.3. Maschinenhaus

Im Maschinenhaus lag der Fokus auf einer Instandsetzung unter Verwendung von möglichst viel vorhandenem Material.

Die vorhandene Turbine wird weiterverwendet. Diese ist aufgrund der geringen Qualität und ungenauen Auslegung vergleichsweise ineffizient. Wegen der hohen Kosten für die Anschaffung und Installation einer neuen Turbine, der unzureichenden Durchflussdaten und der fraglichen Weiterverwendbarkeit in einer folgenden Projektphase stellt die Weiterverwendung der vorhandenen Turbine einen guten Kompromiss dar.

Das Turbinenfundament wurde erneuert, um einen sicheren und zuverlässigen Betrieb zu ermöglichen.

Wie auch in Maschinenhaus 1 wird ein Keilriemengetriebe genutzt. Der geringe Durchmesser der Turbinenwelle erlaubte jedoch keine direkte Installation des Keilriemengetriebes an der Turbine. Deshalb wurde eine Zwischenwelle installiert, die über eine Klauenkupplung mit der Turbinenwelle verbunden ist und auf der die Keilriemenscheiben montiert sind.



Keilriemengetriebe und Lager der Zwischenwelle, im Hintergrund sind Kupplung und Turbine zu sehen

Der Generator aus Maschinenhaus 1 wurde weiterverwendet. Dieser wurde gemeinsam mit der Zwischenwelle auf dem dafür angefertigten Rahmen montiert. Dadurch ist die genaue Ausrichtung des Keilriemengetriebes und Einstellung der Keilriemenspannung möglich. Am Generator wurde ein neuer Spannungsregler installiert.



Blick in das Innere des Maschinenhauses 2 nach Fertigstellung, im Vordergrund ist der Generator zu sehen

Die größte Investition im Bauabschnitt Maschinenhaus sind die Lastregler der Firma IREM. Die Lastregler im Maschinenhaus 1 waren nicht mehr nutzbar und mussten daher komplett ersetzt werden. Allerdings werden diese auch in den weiteren Projektphasen bei Ausbau des Wasserkraftwerks weiterverwendet, was die Kosten in Höhe von etwa 8.000 EUR rechtfertigt.



Lastregler der Firma IREM mit je 10kW Regelleistung

5.4. Trasse

Der Bauabschnitt Trasse umfasst den Neubau der Stromtrasse zwischen Maschinenhaus 2 und dem Industriecampus, sowie das Verteilnetz auf dem Industriecampus zum Anschluss der einzelnen Verbraucher und Unterverteilerpunkte.

Dabei wurde diese langfristig im Hinblick auf die Erhöhung der Leistung des Wasserkraftwerks in kommenden Projektphasen ausgelegt.

Auf der Trasse wurden zwei parallele Bündel $4 \times 95 \text{ mm}^2$ Aerial Bundle Cable (ABC) installiert. Die Masten wurden dabei so ausgelegt, dass die Installation eines dritten Bündels in den kommenden Projektphasen möglich ist.

Im Verteilnetz wurden die Verbraucher je nach Anschlussleistung mit $4 \times 95 \text{ mm}^2$, $4 \times 35 \text{ mm}^2$ und $4 \times 16 \text{ mm}^2$ ABC an die Verteilstation angeschlossen.

Insgesamt wurden 25 Holzmasten aufgestellt, sowie 2.400 Meter Freileitung installiert. Dabei waren besonders die Mastaufstellung und Leiterinstallation ohne schweres Gerät eine große Herausforderung.

Ein besonderer Fokus lag auf der Einbindung lokaler Arbeitskräfte des Projektpartners. Diese konnten häufig wertvolle Hinweise liefern, vor allem zum Umgang mit den speziellen Herausforderungen des Projektstandorts. Gleichzeitig förderte die intensive Zusammenarbeit den Wissenstransfer und unterstützt somit Wartung und Ausbau der Anlage in den kommenden Projektphasen.

5.5. Netz

Zum Bauabschnitt Netz gehört der Schaltschrank im Maschinenhaus. Dort wurde unter anderem ein Leistungsschutzschalter (Hauptschalter des Wasserkraftwerks), Überspannungsschutz und Messgeräte installiert sowie die Lastregler angeschlossen. Am Verteilpunkt auf dem Industriecampus wurde ein kleines Haus als Verteilstation gebaut, in dem Platz für einen Schaltschrank sowie für den schon vorhandenen Dieselgenerator ist.

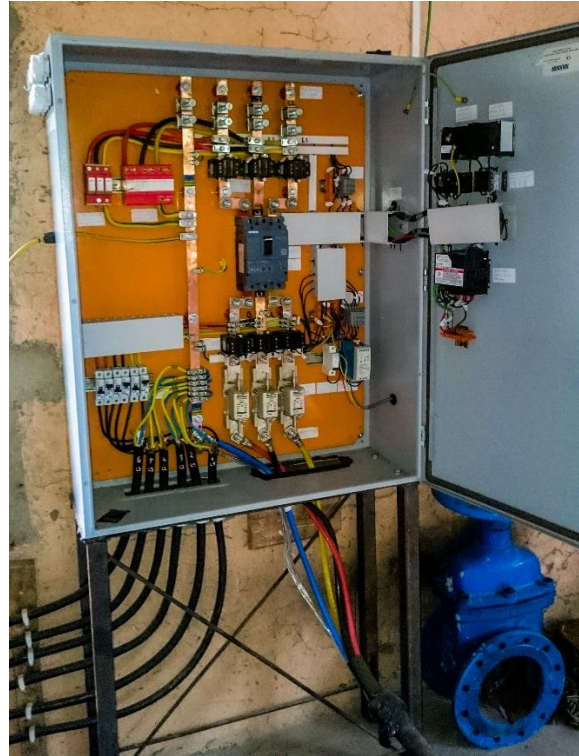
In diesem Schaltschrank befindet sich ein Hauptschalter mit Umschaltmöglichkeit zwischen dem Wasserkraftwerk und Dieselgenerator, Messgeräte, Überspannungsschutz und Anschlüsse für die einzelnen Verbraucher und Unterverteilerpunkte.

Des Weiteren wurden die Hausanschlusskästen für größere Verbraucher sowie drei Unterverteilerpunkte gemeinsam mit den Fachkräften des Projektpartners installiert. Die Hausanschlüsse und Hausverkabelung liegen in der Verantwortung von PROLASA, wobei benötigtes Material teilweise von EWB bereitgestellt wurde.

Auf die enge Zusammenarbeit mit den lokalen Fachkräften wurde besonders viel Wert gelegt. Der daraus folgenden Wissenstransfer ist Grundvoraussetzung für den sicheren Betrieb und die Wartung durch die lokalen Techniker. Gleichzeitig ist somit Wissen für den zukünftigen Ausbau des Netzes und den Anschluss weiterer Verbraucher lokal verfügbar. Der Fokus im Bauabschnitt Netz lag ebenfalls auf der langfristigen Auslegung für zukünftige Projektphasen. Leitungen und Anschlüsse wurden so dimensioniert, dass sie auch für größere Leistungen nutzbar sind.



Abspannmast an der Verteilstation



Schaltschrank im Maschinenhaus

6. Fazit

Die Arbeit mit vorhandenem Material und bestehender Infrastruktur hat sich als größte technische Herausforderung der Projektphase 1 herausgestellt. Zum einen war es nicht möglich, genaue Daten und Spezifikationen einiger Komponenten wie Turbine oder Generator zu beschaffen, zum anderen war deren Qualität teilweise fraglich. So stellen die Betonqualität in Kanal und Maschinenhaus sowie der Qualität der vorhandenen Wasserturbine eine Herausforderung dar und schränken Effizienz und Langlebigkeit der Anlage ein.

Beim Neubau von Trasse und Netz war keine Abstimmung mit vorhandener Infrastruktur nötig, was die Planung und Umsetzung deutlich vereinfachte.

Das aktuelle Wasserkraftwerk liefert in der Regenzeit bis zu 22 kW Leistung und hat damit einen geringen Wirkungsgrad von ca. 30%. Der Hauptgrund für diesen geringen Wirkungsgrad liegt in der weiterverwendeten Turbine, welche aufgrund von Konstruktion und geringer Fertigungsqualität sehr ineffizient ist.

Durch den Neubau von Trasse und Netz, der Installation der Lastregler und Spannungsreglung am Generator konnte die Spannungsqualität und Netzfrequenz jedoch stark verbessert werden. Diese befinden sich nun in den üblichen Toleranzen bei 230/400 V und 50 Hz. Dadurch ist die industrielle Nutzbarkeit deutlich verbessert worden.

Die bereitgestellte Stromversorgung reicht für die meisten Verbraucher auf dem Industriecampus aus. Für Großverbraucher wie die Maismühle (etwa 70 kW) muss jedoch immer noch auf den Dieselgenerator zurückgegriffen werden.

Es bestehen immer noch Schwierigkeiten bezüglich der Haltbarkeit der mechanischen Komponenten im Maschinenhaus. Aufgrund der schlechten Qualität der Turbine ist ein häufiger Austausch der Lager notwendig. Im Rahmen der Nachbereitung der ersten Projektphase unterstützen wir PROLASA bei der Wartung und Reparatur, sowie Optimierung einzelner Komponenten zur Verbesserung der Lebensdauer von Verschleißteilen.

Die Betriebssicherheit der Anlage wurde insbesondere durch den Neubau der Elektrik deutlich erhöht.

7. Ausblick

Nach Abschluss der Bauphase 2018 liegt der Fokus zunächst auf der technischen Nachbetreuung, Dokumentation und Evaluation der bisherigen Arbeit. EWB ist in engem Kontakt mit dem Projektpartner vor Ort und unterstützt bei Wartung und Instandhaltung der Anlage.

Wie schon vor Beginn der ersten Bauphase erwartet, ist der Leistungsbedarf auf dem Industriecampus in unmittelbarer Nähe des Wasserkraftwerks deutlich größer als die momentan bereitgestellte Leistung. In der ursprünglichen Planung der Projektphasen waren Phase 2 (Erweiterung der Reichweite des Stromnetzes) und Phase 3 (Ausbau der Kraftwerksleistung) je nach Bedarf austauschbar. In Anbetracht des großen Leistungsbedarfs wurde beschlossen, den Ausbau des Wasserkraftwerks als nächste Projektphase zu definieren.

Dabei soll durch die Installation einer neuen, optimal auf den Standort ausgelegten Turbine und der Vergrößerung der Fallhöhe des Wasserkraftwerks die Erzeugungsleistung auf bis zu 100 kW ausgebaut werden.

Durch die Verbesserung der Stromversorgung auf dem Industriecampus ohne den Anschluss weiterer Verbraucher ist ein weitreichender Impact zu erwarten: Die industrielle Nutzung sichert Arbeits- und Ausbildungsplätze, fördert die lokale Wertschöpfung und generiert Einnahmen, die Wartung und Instandhaltung der Anlage langfristig gewährleisten. Gleichzeitig werden so weitere soziale Projekte von PROLASA wie das Waisenheim Patmos, eine Schule und Krankenstation unterstützt.

Ein schrittweiser Ausbau des Stromnetzes in der näheren Umgebung ist mit der größeren verfügbaren Leistung möglich. Langfristig ist auch der Ausbau der Erzeugungsleistung aus anderen Energiequellen, wie zum Beispiel Solaranlagen, denkbar.

ENGINEERS WITHOUT BORDERS – KARLSRUHE INSTITUTE OF TECHNOLOGY E.V. AStA KIT ADENAUERRING 7 76131 KARLSRUHE	1. VORSITZENDER 2. VORSITZENDER SCHATZMEISTERIN SCHRIFTFÜHRERIN PROJEKTVORSTAND	JULIANE JAKOWSKI JULIA GREIF KIM SKADE TOM GRÜNERT STEFFEN KRAMER	SPENDENKONTO ENGINEERS WITHOUT BORDERS IBAN: DE25 6605 0101 0108 0856 55 BIC: KARSDE66 SPARKASSE KARLSRUHE
kontakt@ewb-karlsruhe.de	AMTSGERICHT MANNHEIM: VR 103363		www.ewb-karlsruhe.de