



Schlussbericht :

Wissens- und Technologietransfer im Bereich Kleinwasserkraft: Ein Pilotprojekt im tadschikischen Pamir



Autor(en):

Roman Droux, Verein PamirLink
Thomas Gurtner, Verein PamirLink

Datum des Berichts: 2017, Ver. 0 (23.3.2017)	Vertragsnummer: 2013.04
Institution: Verein PamirLink	Land: Tadschikistan

Ausgearbeitet durch:

Verein PamirLink

Kontaktperson: Roman Droux, Präsident

Neufeldstrasse 153, CH-3012 Bern

Tel: +41 31 535 36 42; info@pamirlink.org; www.pamirlink.org



Mit Unterstützung der:

REPIC Plattform

c/o NET Nowak Energie & Technologie AG

Waldweg 8, CH-1717 St. Ursen

Tel: +41(0)26 494 00 30, Fax: +41(0)26 494 00 34, info@repic.ch / www.repic.ch

Die REPIC-Plattform ist ein Mandat von:

Staatssekretariat für Wirtschaft SECO

Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit DEZA

Bundesamt für Energie BFE

Der oder die Autoren sind allein verantwortlich für Inhalt und Schlussfolgerungen des Berichtes.



Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung.....	4
2. Abstract / Résumé.....	5
3. Ausgangslage	5
4. Ziele	6
5. Projektreview.....	7
5.1 Umsetzung des Projekts	7
5.2 Zielerreichung und Resultate	9
5.3 Vorbereitung der Multiplikation / Replikation	11
5.4 Wirkung / Nachhaltigkeit	11
6. Ausblick / weiteres Vorgehen.....	11
6.1 Multiplikation / Replikation.....	11
6.2 Erwartete Wirkung / Nachhaltigkeit.....	12
7. Lessons Learned / Fazit.....	12
8. Referenzen.....	13
9. Anhang.....	13

1. Zusammenfassung

Die Energieversorgungsprobleme in Basid, einem abgelegenen kleinen Dorf im tadschikischen Pamir, führten in den letzten Jahren zu einer fortschreitenden Degradierung der vorhandenen Brennholzbestände. Sowohl für das Heizen als auch für das Kochen und das Gewerbe besteht ein Mangel an elektrischer Energie. Das Dorf hat im Jahr 1999 auf den ungenügenden Zugang zu Energie mit dem Bau eines rudimentären Kraftwerks reagiert. Mit Geldern u.a. der DEZA und in Zusammenarbeit mit dem Mountain Society Development Programm (MSDSP), dem regionalen Implementierungsarm der Aga Khan Foundation (AKF), hat das Dorf ein Kleinstkraftwerk mit recyceltem Material gebaut, mit einer installierten Leistung von knapp 60 kW. Die Komponenten waren sehr schlecht aufeinander abgestimmt, was eine sehr dürftige Effizienz zur Folge hatte. Die Dorfgemeinschaft verfügt weder über die notwendigen finanziellen Mittel noch über das erforderliche technische Know-How für den Ausbau des vorhandenen Kraftwerks.

Der mit dem Hauptziel der Verbesserung der Lebensgrundlage der Leute im Pamir gegründete Verein PamirLink hat in enger Zusammenarbeit mit der Dorfbevölkerung die Leistung des bestehenden Kraftwerks von 60 kW auf rund 180 kW erhöht.

Die Leistungserweiterung wurde dadurch erreicht, dass die Kanalführung verstärkt und der örtlichen Situation angepasste Kraftwerkskomponenten neu beschafft wurden. Die bestehende Wasserfassung wurde verstärkt und verbreitert, ein Sedimentationsbecken gebaut, die Druckleitung verstärkt und das Turbinenhaus vergrößert. Kernstück der neuen Anlage ist eine in der Schweiz und in Deutschland hergestellte Cross-Flow-Turbine. Die Instandstellung des vom Dorf bereits beschafften russischen Generators wäre sehr teuer gewesen und eine unsichere Komponente. Daher wurden ein neuer bulgarischer Generator und eine komplett neue hydraulische Steuerung eingebaut. Diese Komponenten sind optimal aufeinander abgestimmt.

Für lokal initiierte Folgeprojekte lieferte PamirLink fünf Occasions-Generatoren und ein elektrifiziertes Wasserrad im Container mit. Dieses Occasion-Material wurde als Spende von PamirLink gratis mitgeliefert.

Das Kraftwerkprojekt wurde mit starker lokaler Verankerung realisiert, was sich einerseits in der Projektorganisation niedergeschlagen hat, andererseits auch in der Mitarbeit der Leute in Basid. PamirLink hat einen lokalen, sehr erfahrenen Projektleiter eingesetzt (Farrukh Nazarmavloev), Pamir Energy Company (lokaler Energieversorger) für die technische und logistische Unterstützung eingebunden und das Kraftwerk der Village Organisation übergeben. Die baulichen Massnahmen (civil works) wurden fast ausschliesslich von lokalen Arbeitskräften und mit lokalen Baumaterialien ausgeführt. Der Aufbau einer lokalen Produktionsstätte hätte den Projektrahmen jedoch gesprengt. Die Turbine stammt aus der Schweiz und Deutschland, der Generator aus Bulgarien und die Steuerung aus der Schweiz und Deutschland. Der Betrieb und die Wartung des Kraftwerks sind durch die von PamirLink geschulten lokalen Techniker sicher gestellt.

Mit dem Bau des neuen Kleinwasserkraftwerks konnte die Energieversorgung von Basid massiv verbessert und ganzjährig sichergestellt werden. Dadurch wird der Druck auf die knappe Ressource Holz reduziert. Obschon das neue Kleinwasserkraftwerk die Kapazitätsgrenze noch nicht erreicht hat (bei Vollbelastung, alle Geräte in den Haushalten wurden eingeschaltet, war der Output ca. 135 kW von 175 kW) wurde ein Heiz- und Holzbewirtschaftungsplan ausgearbeitet.

Beim Ausbau des bestehenden Kraftwerks wurde dem Wissenstransfer eine hohe Bedeutung beigemessen. Deshalb wurde die Dorfgemeinschaft sowohl bei der Planung, der Finanzierung, dem Bau, der Inbetriebnahme und dem Unterhalt stark miteinbezogen. Mit einem zweitägigen Workshop mit Teilnehmern aus Basid, den umliegenden Dörfern, von tadschikischen Universitäten und der Pamir Energy Company, dem lokalen Energieproduzenten, wurde die Grundlage geschaffen, ähnliche Projekte auch in umliegenden Dörfern an die Hand zu nehmen, die mit vergleichbaren Problemen konfrontiert sind.

Der Verein PamirLink wird die Leute in Basid, insbesondere die Village Organisation (VO), das neu gegründete Energie-Komitee und die Kraftwerks-Techniker weiter mit Fachwissen, Beratung, jedoch auch mit finanziellen Mitteln bei unvorhergesehenen Sachschäden unterstützen. Allfällige Herausforderungen wie die winterliche Vereisung, Lawinen und die laufende Erneuerung der wasserbaulichen und elektrischen Infrastruktur, wird PamirLink gemeinsam mit den Leuten aus Basid zu meistern versuchen.

2. Abstract / Résumé

The main goal of this project was to refurbish and upgrade a small hydropower station in the village of Basid located in the remote mountainous region of the Tajik Pamirs. The new plant design and new components (turbine, control system, generator) now guarantee sufficient power supply for all village dwellers all year round. Further, this project provided technical and institutional knowledge transfer in the field of small hydropower through a training workshop and close cooperation with local engineers and technicians during project implementation.

3. Ausgangslage

Das Pamir-Gebirge gehört zu den ärmsten und abgelegensten Regionen der Welt. Mit kalten Wintern und trockenen Sommer, spärlichem Niederschlag und sehr beschränkten Einkommensoptionen ist der Lebensunterhalt sehr hart. Die fortschreitende Verarmung der Bevölkerung geht Hand in Hand mit der Degradierung ihrer natürlichen Lebensgrundlagen, der Böden und der Vegetation. Die meisten Leute leben unter der Armutsgrenze.

Ein zentrales Problem dabei ist der ungenügende Zugang zu elektrischer Energie. Es herrscht eine grosse Abhängigkeit von Holz, Büschen und Dung als primäre Brennstoffe. Die lokalen Holzressourcen sind unzureichend, um den Bedarf für Kochen, Heizen und Backen nachhaltig zu decken, denn ein Grossteil der Wälder wurde schon während der Sowjetzeit abgeholzt, um das Land urbar zu machen. Gleichzeitig vergrösserte das Bevölkerungswachstum vor und während des Bürgerkriegs (1991–1996) die Energienachfrage, was die Abholzung weiter beschleunigte. Heute wenden die Leute mehrere Stunden täglich fürs Holz sammeln auf. In strengen Wintern müssen selbst Fruchtbäume und Stallungen verfeuert werden. Die Kaufkraft reicht in den meisten Haushalten nicht aus, um Brennstoffe wie Gas, Kohle oder Kerosin zu besorgen.

Vom Ausbau der Stromversorgung durch Pamir Energy Company profitierten vor allem die pamirischen Haupttäler rund um die Provinzhauptstadt Khorog. Die Bewohner abgelegener Dörfer, die nicht am Stromnetz angeschlossen sind, leiden weiterhin stark unter der herrschenden Energieknappheit. So auch das Bartang-Tal, wo das Dorf Basid liegt. In diesem Tal werden nur die untersten 10 km durch die Pamir Energy Company (PEC) versorgt, die restlichen 130 km des Tals sind nicht ans Netz angeschlossen und ein Netzausbau ist auf weiteres nicht geplant.

Ein grosses Potential hat im Pamir – dank der hohen Reliefenergie – die Wasserkraft. Sie wird seit Urzeiten für Wassermühlen genutzt. Während der Sowjetzeit wurden mehrere Mega- und Gigakraftwerke geplant und gebaut. Unter anderem für den Betrieb einer riesigen Aluminiumschmelze, die über 60% des nationalen Stroms verbraucht. Entsprechend weit verbreitet sind die Technologie und das Grundwissen der Leute, die sie nutzen. Viele entlegene, nicht ans Stromnetz angeschlossene Dorfgemeinschaften haben sich in Eigeninitiative aus rudimentären und ineffizienten Komponenten Kleinwasserkraftwerke zusammengebaut, welche aber durch tiefe Leistung und hohe Ausfallraten gekennzeichnet sind (so auch in Basid). Die Energie fürs Kochen, Backen, Wasser wärmen oder Heizen wird weiterhin zu 90% durch lokale organische Brennstoffe (Holz, Dung) gedeckt. Als Folge davon gehen die Übernutzung der verbleibenden Wald- und Buschbestände, die Erosion der Hochweiden und des Dorfumlandes und die Verarmung der Bevölkerung ungebremst weiter.

Solche Kraftwerke der Marke Eigenbau, von denen es allein im Bartang-Tal mehr als 20 gibt, weisen ein hohes Potential zur Effizienzsteigerung auf (z.B. durch Ersatz oder Optimierung der Turbine). Das Dorf Basid hat sich daher sehr gut als Pilotprojektdorf geeignet. Die Dorfgemeinschaft hat sich 1999 aus alten Bestandteilen (Dieselgenerator, Bewässerungspumpe) ein Kleinkraftwerk mit 60 kW installierter Leistung gebaut (effektive elektrische Leistung war ca. 25kW). Diese Kapazität reichte jedoch für die 106 Haushalte knapp für die Beleuchtung aus. 2010 hat die Dorfgemeinschaft mit dem Kauf eines Gebraucht-Generators mit ca. 230 kW Leistung den Grundstein zum Ausbau des Kraftwerkes gelegt. Die Vorabklärungen haben ergeben, dass die Leistung der bestehenden Anlage mit ausgebauter Wassermenge und einer effizienten Turbine verdreifacht werden kann¹, womit das Energieproblem weitgehend beseitigt werden könnte. Hemmnis für den Ausbau bilden die hohen Investitionskosten und die fehlende Turbine.

¹ Droux und Hoeck, 2003.

FACTS zum Projektstandort Basid	
Lage	Bartang-Tal, West-Pamir, Tadschikistan
Höhe ü.M.	2423 m
Koordinaten	N 38°05'53.1" / E 72°09'03.2"
Erreichbarkeit	6 Fahrstunden, 150 km von Provinzhauptstadt (Khorog)
Einwohnerzahl	620
Einkommen	Durchschnittlich 3.7 USD/Tag, minimal 1.3 USD/Tag
Ökonomie	Subsistenzwirtschaft (Ackerbau, Viehhaltung)
Soziale Infrastruktur	Krankenzimmer, Schule

Die nationale Energiepolitik in Tadschikistan legt ihren Fokus auf die Ausweitung des öffentlichen Netzes und die Produktionssteigerung mittels grosser Staudämme. Profitiert davon haben vor allem der urbane Raum und die Industriegebiete. Die Elektrifizierung des abgelegenen ländlichen Raumes hinkt hinterher oder wurde total übergangen. Kürzlich wurde das grösste sich in Planung befindende Staudammprojekt (Rogun-Damm) wieder aufgenommen.

4. Ziele

Im Projektgesuch² wurden zu den Bereichen Energieproduktion / -effizienz und Wissens- und Technologietransfer folgende Ziele festgehalten:

Ziele Energieproduktion / -effizienz Basid:

Spezifische Ziele:

- Kapazität des alten Kleinwasserkraftwerkes verbessern:
Erhöhung der installierten Leistung des Kraftwerkes von 60 kW auf ca. 200 kW durch Einbau einer Crossflow-Turbine; Jährliche Stromproduktion ca. 1'400 MWh. Die Betriebsleistung des Kleinkraftwerks erlaubt einen monatlichen Haushaltsverbrauch von 315 kWh.
- Zuverlässige Stromversorgung im Dorf Basid gewährleisten:
120 Haushalte erhalten eine zuverlässige Stromversorgung, wobei 25 Haushalte neu angeschlossen werden; Eine minimale Versorgung von 1500 W pro Haushalt ist gewährleistet; dies ermöglicht Kochen, Backen, Wasser erwärmen, Beleuchten und Betrieb einfacher Geräte (Radio, evtl. TV). Im Winter können die Häuser partiell mittels Elektroöfen geheizt werden. Bemerkung: Wasserkocher und Herdplatten sind in den meisten Haushalten, Backöfen etwa in jedem dritten Haushalt vorhanden. Die Geräte sind nicht teuer.
- Die Stromversorgung ist bezahlbar:
Die monatlichen Kosten für 315 kWh werden sich auf ca. 10 USD belaufen.
- Senkung des Energieverbrauchs (elektrische Energie und Brennstoffe) in Haushalten durch Schulung der Dorfbewohner und Einführung von spezifischen Begleitmassnahmen:
Alle 120 Haushalte führen Begleitmassnahmen ein: Isolation von Winterräumen, Ersetzen von konventionellen Glühbirnen durch LED-Beleuchtung. Auf Dorfebene werden ein Heizplan und ein Holzbewirtschaftungsplan eingeführt.

Übergeordnete Ziele (Outcome/Impact):

- Druck auf natürliche Ressourcen reduzieren, Schonung von Holzreserven: Jährliche Einsparungen: 2000 kg Feuerholz pro Haushalt; Total 240 Tonnen.
- Möglichkeiten zur Einkommensgenerierung werden geschaffen:
Zuwachs von Kleinstunternehmen und Arbeitsplätzen im Dorf (Sägerei, Bäckerei, Fruchteinfabrik, Schweisswerkstatt, Homestays für Touristen, etc).
- Ökonomischer Nutzen auf Haushaltebene:
weniger Ausgaben für Kerzen, Kerosin, Lampenöl (ca. 5 USD pro Monat), etc., Zeitersparnisse aufgrund reduzierten Holz sammelns (2–3 h pro Tag).

² Gurtner, 2011.

- Reduktion von Gesundheitsproblemen:
Frauen und Kinder, die Holz sammeln und Feuer machen, leiden weniger an Rücken-, Nieren und Atemproblemen.
- Gute Beleuchtung erlaubt das Lesen auch am Abend, was sich positiv auf die Leistungen der Schülerinnen und Schüler auswirkt.

Ziele Wissens- und Technologietransfer:

Spezifische Ziele:

- Theoretische und praktische Ausbildung von lokalen Technikerinnen und Technikern in Auslegung, Modifizierung (Effizienzsteigerung) und Bau von Turbinen. Anzahl Workshop-Teilnehmer: 20–30 Personen
- Partizipative Erarbeitung eines Businessplans für den Betrieb eines Kleinwasserkraftwerks
- Sensibilisierung der Bevölkerung bezüglich Energiesparmassnahmen
- Vorzeigemodell Basid: Beweisen, was diese Art von Turbine leistet und, dass sie unter den gegebenen Bedingungen gut funktioniert.

Übergeordnete Ziele (Outcome/Impact):

- Langjähriger Betrieb, Reparaturen und Unterhalt des Kleinkraftwerkes in Basid sind gewährleistet.
- Ausgebildete Technikerinnen sind mittelfristig in der Lage, qualitativ hochwertige, wartungsarme und effiziente Turbinen zu erschwinglichen Preisen vor Ort herzustellen.
- Kraftwerksreparaturen und -revisionen werden zukünftig von lokalen Technikern durchgeführt und werden dadurch billiger und besser lokal finanzierbar.
- Die Wertschöpfung in Folgeprojekten erfolgt grösstenteils lokal.

5. Projektreview

5.1 Umsetzung des Projekts

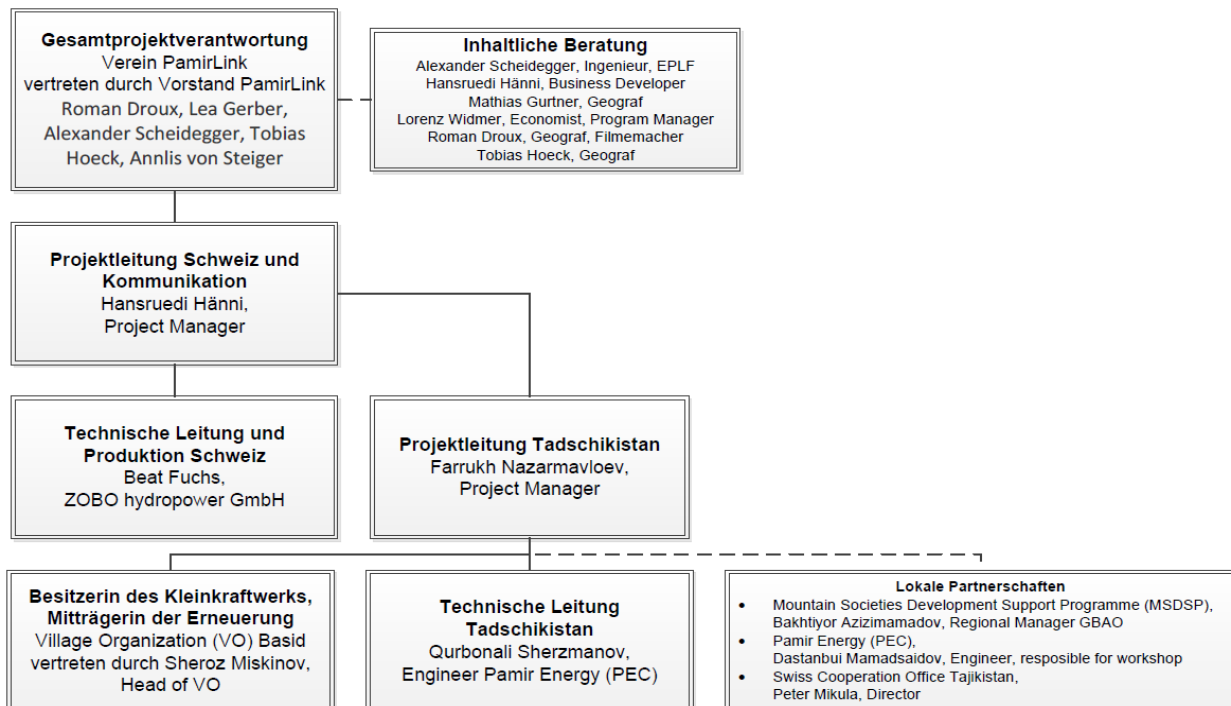
Beim Ausbau des Kleinwasserkraftwerkes in Basid wurde so weit als möglich auf die bereits bestehende Infrastruktur, das lokale Wissen und die vorhandenen lokalen Akteure und Organisationsstrukturen aufgebaut.

Die baulichen Strukturen der Wasserführung (Wassereinlauf, Kanal, Rückstaubecken, Sandfang, Druckleitung) und das Turbinenhaus wurden zum Teil erneuert, verbessert oder angepasst. Die neue Crossflow-Turbine wurde unter Anleitung eines Schweizer Turbinenbauers in der Schweiz und in Deutschland produziert. Zusätzlich wurde ein passender Generator in Bulgarien in Auftrag gegeben. Zur Vereinfachung des Betriebs und Erhöhung der Sicherheit wurde das Kraftwerk mit einer Hydrauliksteuerung ergänzt.

Bei der Umsetzung wurde mit folgenden Institutionen zusammengearbeitet:

- Village Organisation VO:
Die VO war/ist die zentrale Projektpartnerin und als solche auch Mit-Initiantin, Besitzerin und Betreiberin des Wasserkraftwerks. Die VO hat auch die baulichen Vorarbeiten und die notwendigen, lokalen Transporte organisiert.
- Die Local Administration LA des Rushan-Distrikts:
Die LA war informelle Türöffnerin in logistischen und organisatorischen Fragen.
- Pamir Energy Company PEC:
Die PEC unterstützte das Projekt in logistischer Hinsicht: Sie war u.a. offizieller Empfänger der Cargo-Fracht (technische Komponenten aus Europa) und hat das Import-Prozedere unterstützt (Custom Clearing).
- „Mountains Societies Development Support Programm“ MSDSP:
Das MSDSP hat einzelne Projektbestandteile finanziert und gebaut (Turbinenhaus, Ausbau Kanal, Forebay Tank).
- Welthungerhilfe Deutschland:
Die Welthungerhilfe hat wichtige Kontakte zum Wasserkraftwerkbau in Tadschikistan und Afghanistan vermittelt.
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ (Büro Khorog):
Die GIZ hat Baupläne für energieeffiziente Öfen und ein Handbuch zum Bau von Wasserkraftwerken zur Verfügung gestellt.

Auf Projektebene wurde das Zusammenspiel zwischen den verschiedenen Hauptakteuren wie folgt organisiert:



Wichtigste Projektschritte:

- **Aufbau einer lokal gut verankerten Projektstruktur**
Die VO hat mit dem Kauf eines gebrauchten, russischen Generators den Grundstein zum Ausbau des Kraftwerks gelegt. Sie ist somit Projektinitiatorin. In der Folge wurde die Projektstruktur ausgebaut, welche die Hauptverantwortung im Dorf belassen hat. Insbesondere zur Finanzierung und zum technischen und logistischen Support wurden geeignete Partner zur Seite gestellt (siehe Organigramm).
- **Produktion der Kraftwerk-Komponenten**
Ursprünglich war geplant, den von der VO gekauften Occasion-Generator an eine neue Turbine zu hängen. Der Generator (v.a. der Generatorerregger) liess sich jedoch nicht mit vernünftigen, finanziellem Aufwand in Stand stellen (2014 vor Ort abgeklärt von PamirLink). Zudem waren die 25 Jahre alten Kugellager abgewetzt. Aus diesen Gründen liess PamirLink einen neuen Generator in Bulgarien anfertigen.
Ursprünglich war geplant, die Turbinenbestandteile in Europa vorzuproduzieren und vor Ort zu einer fertigen Cross-Flow-Turbine zusammenzubauen. Aus Kosten-, Zeit- und vor allem logistischen Gründen, kam man im Verlauf des Projektes von dieser Variante ab. Zudem hätte PamirLink die notwendige Qualitätskontrolle vor Ort nicht sicherstellen können. Deshalb wurden die Turbine und der Generator montagefertig angeliefert.
Da sich im Verlauf des Projekts in Deutschland eine kostengünstige, einfach zu bedienende SPS-Steuerungseinheit fand, wurde die Anlage damit bestückt. Die Anlage kann nun sowohl manuell, als auch automatisch betrieben werden.
Die Sicherungseinheit wurde von der Kobel AG in der Schweiz produziert.
Einige Komponenten (Übergangsstücke, hydraulische Einzelteile etc.) wurden in lokalen Werkstätten in Dushanbe produziert.
Während der Turbinen-Produktionsphase wurde der technische Koordinator aus Tadschikistan zu einem einmonatigen Weiterbildungsaufenthalt in die Schweiz eingeladen.
- **Ausbau der Wasserführungsinfrastruktur**
Zur Erhöhung des Durchflusses im Kanal wurde das Einlaufbauwerk vergrössert und von einem auf zwei Schieber ausgebaut. Vereisungsprobleme wurden durch eine bessere technische Lösung entschärft, der Kanal vom Einlauf bis zum Sedimentationsbecken verbreitert, gereinigt und erhöht. Zudem wurde ein neues Sedimentationsbecken mit Spüleinrichtung gebaut. Die letzten hundert Kanalmeter vor dem Staubecken wurden zur Abdichtung neu gemauert und

betoniert. Die Überlauf- und Spüleinrichtung und der Hauptschieber zur Druckleitung wurden ebenfalls erneuert und die Basisverankerung der Druckleitung neu betoniert.

Als Folge der Erdbebenschäden von Dezember 2015 wurde der gesamte Kanal von den Steinen befreit (Entfernung von Felsblöcken und Ausräumung von Geschiebe) und zusammen mit dem Turbinenhaus repariert.

Im Turbinenhaus wurden der Hauptschieber revidiert sowie das Fundament und der Boden des Turbinenhauses neu betoniert.

Im Forebaytank wurde ein neuer lokal hergestellter Rechen eingesetzt und der Hauptschieber zur Druckleitung inklusive Hebemechanik erneuert.

- **Transport der Kraftwerkkomponenten**

Zusätzlich zum Generator, der Turbine und dem Fundamentrahmen wurden sechs Occasion-Generatoren und ein elektrisches Wasserrad mittels Container angeliefert. Der Transport nach Duschambe mittels Lastwagen dauerte insgesamt 32 Tage. Bei der Verzollung spielte der lokale Projektleiter Farrukh Nazarmavloev seine volle Erfahrung und sein lokales Wissen aus, damit die Fracht ohne Verzögerung und vor allem ohne "zusätzliche Kosten" herausgelöst werden konnte.

- **Ausbildungsworkshop zum Thema Kleinwasserkraftwerksbau**

Vor der Endmontage des Kraftwerks wurde der geplante Ausbildungs-Workshop mit 24 Teilnehmenden aus ganz Tadschikistan in Rushan (Pamir) von Thomas Gross (hycon.com), der zwei Jahre in Afghanistan Kleinwasserkraftwerke geplant und gebaut hat, durchgeführt. In diesem Zusammenhang liess PamirLink ein sehr praxisnahes Handbuch (Good and Bad of Mini Hydro Power, Asian Center for Energy) ins Russische übersetzen.

- **Einbau der neuen Turbine, des neuen Generators und der neuen Steuerung**

Unter Einbezug von zwei Schweizer Ingenieuren (Beat Fuchs, Thomas Gross) und lokalen Technikern wurden die gelieferten Kraftwerkskomponenten ins Turbinenhaus eingebaut und das Kraftwerk ans Dorfnetz angeschlossen. Vor dem Einbau hat die Dorfbevölkerung unter der Leitung eines lokalen Ingenieurs das alte Fundament abgebaut und ein neues angefertigt.

- **Konfiguration des ausgebauten Kraftwerks**

Die in Deutschland produzierte Steuerung wurde von den Ingenieuren und dem Projektleiter über rund zehn Tage konfiguriert und getestet. Gleichzeitig wurden die lokalen Techniker in die Bedienung der Steuerung eingeführt. Diese können sie nun auch selber anpassen und optimieren.

- **Gründung eines lokalen Energiekomitee**

Ein lokales Energiekomitee, bestehend aus je vier Frauen und Männern, wurde gegründet und stellt künftig das technische und administrative Management des Kraftwerks sicher.

Folgende Ziele mussten im Projektverlauf angepasst werden

- *Auf den Anschluss des Nachbardorfs Dorj musste verzichtet werden*

Die durch den Erwerb des neuen Generators ausgelöste Kostensteigerung erlaubte es nicht, innerhalb des bestehenden Budgets die 25 Haushalte im Nachbardorf Dorj an das neue Netz von Basid anzuschliessen. Dieser Netzausbau wäre jedoch immer noch eine sehr sinnvolle Massnahme, da Dorj nie mit Strom versorgt wurde und einen erheblichen Bevölkerungszuwachs in den letzten Jahren erlebte. PamirLink verfolgt dieses Ziel im Rahmen eines Folgeprojekts.

5.2 Zielerreichung und Resultate

Ziele Energieproduktion / -effizienz Basid:

Spezifische Ziele

- *Kapazität des bestehenden Kleinwasserkraftwerkes verbessern*

Mit der erfolgreichen Inbetriebnahme des Kleinwasserkraftwerks am 30. Juni 2016 mit einer installierten elektrischen Leistung von 175 kW wurde die bisher realisierte, gemessene elektrische Leistung des alten Kraftwerks von ca 28 KW (output) rund versechsfacht. Die angestrebte, jährliche Energieproduktion von 1'400 MWh wird voraussichtlich deutlich übertroffen. Dies haben erste Messungen und Hochrechnungen ergeben.

- *Zuverlässige Stromversorgung im Dorf Basid gewährleisten*

Durch die baulichen Verbesserungen bei der Wasserführung (Einlaufbauwerk, Sedimentbecken, Kanal, Rechen, Forebay-Tank), am Turbinenhaus und dem Einbau der neuen technischen Kraftwerkskomponenten (Turbine, Generator, Steuerung) kann eine ganzjährige, zuverlässige Stromproduktion gewährleistet werden. Die 1'500 W pro Haushalt werden übertroffen. Das Kraftwerk liefert zurzeit mehr Strom als von den Haushalten benötigt wird. Alle zur Zeit vorhandenen Ener-

gieverbraucher können gleichzeitig betrieben werden (elektrische Kochherde/Backöfen, Heizungen, Maschinen, Radio-/TV-Geräte, Beleuchtungen etc.). Beschädigungen durch Starkniederschläge, Erdbebenvorfälle, Lawinen- oder Erdbebenrutschgänge insbesondere im Bereich der Wasserführung können nicht ausgeschlossen werden. Diese lassen sich jedoch in der Regel mit lokalen Arbeitskräften rasch wieder beheben. PamirLink wird der VO diesbezüglich auch in Zukunft beiseite stehen. Dies wurde nach den Erdbebenschäden von Dezember 2015 im Juni 2016 erfolgreich erprobt. Das Know-How für Reparaturen im Bereich der Wasserfassung des Kanals ist vorhanden.

- *Die Stromversorgung ist bezahlbar*

Das lokale Energiekomitee hat den Strom-Preis auf 15 Diram/kWh festgelegt. Das entspricht ca. 2 Rp./kWh, was für die meisten Haushalte einerseits zu einer Kostensenkung der Gesamtenergieausgaben und andererseits für 95% der Haushalte bezahlbar ist. Haushalte, denen die Kosten zu hoch sind, können einen Teil durch Freiwilligenarbeit am Kraftwerk entgelten.

Senkung des Energieverbrauchs

Durch die gute elektrische Versorgung des Dorfes Basid hat sich der Holzverbrauch schon nach einem halben Jahr reduziert. Zurzeit ist die Stromproduktionskapazität noch nicht ausgeschöpft, weshalb Sparmassnahmen im Bereich der Beleuchtung noch nicht prioritär sind. Für den Fall, dass in Zukunft Engpässe entstehen sollten (allfällig beim Anschluss von Dorj), wurde mit der VO ein Versorgungsplan für die grösseren Verbraucher (Elektro-, Backöfen, ...) erstellt, bei dem das Netz in drei Segmente unterteilt wurde. Im Bereich der Holzbewirtschaftung hat das Energiekomitee und die VO ein Aufforstungsprojekt initiiert. Die Aufforstungsperimeter sind definiert, wobei sich die VO die Etablierung mehrerer neuer Waldflächen innerhalb von zehn Jahren zum Ziel gemacht hat.

Ziele Wissens- und Technologietransfer:

- *Theoretische und praktische Ausbildung von lokalen Technikerinnen und Technikern*

Am zweitägigen Workshop in Rushan mit 24 Teilnehmenden aus den umliegenden Dörfern, aus Universitäten und aus Energieproduzenten wurden Grundlagen und praktisches Wissen zur Planung, dem Bau und dem Betrieb von Kleinwasserkraftwerken vermittelt. Dabei ging es um die topographische, hydrologische Bestandaufnahme, die Berechnungen der Civil Works und der mechanischen Elemente bis hin zum sinnvollen Unterhalt und Betrieb einer Anlage. Zusätzlicher Bestandteil des Workshops bildete der Baustellenbesuch des Kraftwerks in Basid. Als langfristig wertvolle Grundlage für den Kraftwerkbau wurde ein Handbuch auf russisch übersetzt. Das Handbuch wurde an alle Workshopteilnehmenden und zusätzlich interessierten Leute verteilt.

Während der Installation des Kraftwerks mit lokalen Arbeitskräften und Technikern von Pamir Energy konnte das vermittelte Wissen praktisch angewendet und erweitert werden. Es darf davon ausgegangen werden, dass Reparaturen an der baulichen Infrastruktur lokal geleistet und technische Störungen unter Beizug von Pamir Energy in der Regel ebenfalls ohne ausländische Hilfe gelöst werden können.

- *Partizipative Erarbeitung eines Businessplans für den Betrieb eines Kleinwasserkraftwerks*

Seitens der Projektleitung wurde in Zusammenarbeit mit der Village Organisation und lokalen Ökonomen ein Businessplan für Kleinkraftwerke erarbeitet. Dieser Businessplan beinhaltet verschiedene Finanzierungs- und Betriebsszenarien.

- *Sensibilisierung der Bevölkerung bezüglich Energiesparmassnahmen*

Da zur Zeit ein Stromüberangebot besteht, sind Sparmassnahmen bisher nur informell diskutiert worden. Im Fokus stehen Dämmungsmassnahmen im Wohnbereich und Sparmassnahmen bei der Beleuchtung.

- *Vorzeigemodell Basid*

Mit der Inbetriebnahme des Kraftwerks mit der Cross-Flow-Turbine in Kombination mit geeigneten Zusatzkomponenten konnte gezeigt werden, dass bei wenig höherem Wasserfluss die Leistung um ein Vielfaches gesteigert werden kann. Erkenntnisse bezüglich langfristigem Betrieb und Unterhalt des ausgebauten Kraftwerks werden erst in den Folgejahren möglich sein. Sicher ist bereits jetzt: Die Projektorganisation mit starker lokaler Verankerung und externem technischem Support und einer Co-Finanzierung mit Geldgebern aus dem In- und Ausland wurde in der Region als erstmalig und erfolgsversprechend auch für Folgeprojekte kommentiert. Insbesondere der starke Einbezug von lokalen Arbeitskräften beim Bau und auch im technischen und administrativen Management stiess auf grossen Anklang.

5.3 Vorbereitung der Multiplikation / Replikation

Workshop in Rushan

Der Know-How-Transfer im Rahmen des Workshops in Rushan hat lokales Wissen für die Replikation des Kraftwerkbaus in benachbarten Dörfern geschaffen. Das auf russisch übersetzte Handbuch erleichtert nun die Planung und Durchführung vergleichbarer Projekte. Konkret gibt es zwei Initiativen von anderen Dorfgemeinschaften im Bartangtal, die auch am Workshop teilnahmen, die nun den Aufbau eines Kleinwasserkraftwerkes vorantreiben. PamirLink hat eine Initiative mit einem Occasion-Generator unterstützt.

- In einem benachbarten Weiler konnte in der Zwischenzeit das elektrifizierte Wasserrad installiert werden, welches nun drei Haushalte mit Strom versorgt.

5.4 Wirkung / Nachhaltigkeit

Übergeordnete Ziele (Outcomes/Impacts):

- Es konnte schon nach einem halben Jahr Betrieb beobachtet werden, dass der Druck auf die natürlichen Ressourcen (insbesondere auf Holz) verringert werden konnte.
- Einige kleinere Betriebe sind am Aufbau (Restaurant, Bäckerei, Schreiner), was sicherlich einen positiven Einfluss auf die Einkommensgenerierung haben wird.
- In vielen Haushalten wurden neue Geräte angeschafft (Wasserkocher, Backofen, Kochplatten, Beleuchtungskörper, ...), was den Lebensstandard massiv verbessert.

Übergeordnete Ziele (Outcomes/Impacts):

- Mit den sehr detaillierten Unterhaltsbeschreibungen (auch auf russisch übersetzt) und der direkten Kommunikation zwischen der Schweiz und Basid kann ein längerfristiger Betrieb gewährleistet werden.
- Die Aus- und Weiterbildung von Technikerinnen und Ingenieuren hatte auf andere Kleinwasserkraftwerksprojekte einen positiven Effekt. Der Aufbau einer Produktionsstätte für Turbinen müsste jedoch längerfristig passieren. Dazu fehlten PamirLink die Kapazitäten.
- Kleinere Kraftwerksreparaturen und -revisionen können nun von den lokalen Technikern durchgeführt werden. Diese Personen erhalten ein reguläres Salär von 400 Somoni pro Monat (US Dollar 50.-).

6. Ausblick / weiteres Vorgehen

6.1 Multiplikation / Replikation

Weiterer Support im Bereich Energieeffizienz, Unterhalt, Kanalausbau (Planungsgrundlagen), Netzausbau nach Dorj, Umsetzung Kleininitiativen (kommunale Dusche, Beheizung der Schule, Verbesserung der Netzinfrastruktur im Dorf, Ersatz von defekten Zählern, ...) werden angestrebt.

Laufend sammeln wir weitere Spenden, um diese Initiativen vor Ort unterstützen zu können.

Anfragen werden von unserem lokalen Projektverantwortlichen gesammelt. Zudem wird geprüft, inwiefern PamirLink diese Projekte unterstützen könnte (Occasion-Generatoren, Knowhow, etc.).

Konkrete Anfragen von Dorfinitiativen im Bereich Kleinwasserkraft werden seitens PamirLink geprüft und allenfalls in Kooperation mit lokalen Ingenieuren, die an unserem Workshop teilgenommen haben, umgesetzt.

Weiterhin bleiben wir in engem Kontakt mit der VO und dem Energie Komitee von Basid, zusätzlich pflegen wir den Austausch von Ideen, Wissen und Erfahrungen mit verschiedenen Personen wie beispielsweise dem lokalen Projektleiter "Energieeffizienz und Kleinwasserkraft" der Welthungerhilfe (Dominik Zwicky), der unter anderem das auf russisch übersetzte Handbuch im Einsatz hat und selber in seinen Projekten weiterverwendet und verbreitet.

Der Aufbau einer lokalen Turbinenmanufaktur konnte PamirLink nicht weiter verfolgen, da die Zusammenarbeit mit dem Schweizer Turbinenhersteller sehr zäh war und dieser noch vor der Beendigung des Projektes Konkurs angemeldet hatte. Zudem müsste relativ viel Geld für einen Startkredit organisiert werden. Im Verlaufe des Projektes haben wir jedoch herausgefunden, dass es mehrere Turbinenproduzenten in Kabul (Afghanistan) gibt, bei denen die Preise für eine kleinere Crossflow-Turbine (bis max. 100kW) gut sind.

Dennoch sehen wir ein grosses Potential für eine solche Manufaktur. Die Nachfrage nach Turbinen im Bereich von 50-100kW ist noch immer sehr gross. Vor allem auch im benachbarten afghanischen Pamir. Eine der Hürden ist sicherlich auch das sehr schlechte institutionelle Umfeld für die Gründung eines Unternehmens in Tadschikistan (Kreditkonditionen, willkürliche Regulationen und Lizenzverteilung).

6.2 Erwartete Wirkung / Nachhaltigkeit

Übergeordnete Ziele (Outcomes/Impacts):

- Es ist nun schon im ersten Winter (2016/17) mit dem Kleinwasserkraftwerk zu beobachten, dass die Haushalte vorwiegend mit elektrischer Energie kochen, backen, Wasser kochen, Tee zubereiten und zum Teil auch heizen. Somit kann davon ausgegangen werden, dass sich der Druck auf die Holzressource in den kommenden Jahren massiv verringern wird.
- Durch die nun sehr stabile Stromversorgung ergeben sich Möglichkeiten für zusätzliche Einkommensgenerierung. Die Frauengruppe von Basid ist in der Vorbereitung eines kleinen Ladens verbunden mit einem einfachen Restaurant. Die elektrische Energie ist dafür eine wesentliche Grundvoraussetzung.
- Durch den relativ tiefen Strompreis (ca. 2 US Cents/kWh) kann sich jeder Haushalt genügend elektrische Energie leisten. Gemäss den neusten Zahlen aus Basid bezahlten die Haushalte im Dezember 2016 und Januar 2017 im Schnitt USD 2.50 (pro Monat) für ihren Stromverbrauch, was einen Konsum von ca. 100kWh/Monat entspricht.
- Aufgrund der Erfahrungen aus den ersten sechs Monaten lassen sich Gesamteinnahmen von mindestens 3500 USD pro Jahr voraussagen. Davon werden USD 2600.- für die vier Angestellten ausgegeben (ca. USD 50.-/Monat/Person). Konkret bleiben für Unterhalt und Reparaturen USD 900.- pro Jahr. Für grössere Reparaturen am Kanal wird dieser Betrag nicht reichen. Das Energiekomitee plant daher für grössere Reparaturen zusätzliche Geldsammlungen im Dorf zu machen.
- Zudem haben die vergangenen Monate gezeigt, dass der Holzverbrauch stark zurückgegangen ist. Was auch eine reduzierte Arbeitsbelastung bezüglich Holzsammelns zur Folge hat.

Übergeordnete Ziele (Outcomes/Impacts):

- Durch die intensive Schulung der Anlagenwärter und den engen Miteinbezug der lokalen Bevölkerung, kann ein langjähriger Betrieb des Kleinwasserkraftwerks gewährleistet werden. Erste kleinere Reparaturen und Anpassungen wurden von ihrer Seite her schon getätigt.
- Benutzerhandbücher, Betriebsanleitungen, Unterhaltspläne und Wartungslisten (Tages-, Wochen-, Monats- und Jahreswartungspläne sind auf russisch übersetzt) wurden zusammen besprochen und alle Schritte gemeinsam durchgegangen.

7. Lessons Learned / Fazit

- Der intensive Einbezug der Village Organisation, die Partizipation und die Zusammenarbeit mit der lokalen Dorfbevölkerung hat sich sehr auszahlt, weil dadurch das Verantwortungsgefühl in Basid gestärkt werden konnte. Das hatte zur Folge, dass heute nicht nur die Anlagenwarte, sondern das gesamte Dorf sich sehr für die Anlage interessiert und einsetzt. Konkret zeigte sich das schon in diesem Winter, als Eis-, Lawinen- und Steinschlagschäden von vielen Freiwilligen aus dem Dorf behoben werden konnte.
- Die automatisierte Anlage war der richtige Entscheid, gerade mit dieser Art Turbine und in dieser Grössenordnung. Wir empfehlen alle Turbinen ab ca. 150 kW mit einer automatisierten Steuerung auszurüsten. Eine gute Alternative zu einer elektronisch-hydraulischen Regelung ist auch die elektrische Belastungsregelung (<http://remotehydrolight.com/ELC.php>)
- Die Zusammenarbeit mit dem Turbinenbauer war sehr schwierig. Wir werden in Zukunft sicherlich keine One-Man-Band mehr engagieren.
- Unser Projekt hat sich aufgrund folgender Faktoren verzögert (in Reihenfolge gewichtet): Der Turbinenbauer konnte den Projektplan nicht einhalten. Vertraglicher Abgabetermin der Turbine war sechs Monate nach der Bestellung des Generators (6.3.2015), also der 6.9.2015. Die Turbine wurde schlussendlich am 12.4.2016 fertiggestellt.
- Die im Voraus erarbeiteten Business-cases waren bei der Umsetzung nicht wirklich dienlich (wurde von REPIC gefordert). Wir wussten schon im Voraus, dass die genauen Zahlen (Löhne, kWh-Preis, Rückstellungen,...) erst bei der Gründung des Energiekomitees in der breiten

Dorfbevölkerung diskutiert und festgelegt wird. Zudem wurden die Löhne nach drei Monaten nochmals geändert und nach oben korrigiert. Der Betrieb einer Inselanlage ist technische gesehen viel anspruchsvoller bezüglich der Steuerung, jedoch ist eine Inselanlage bezüglich dem Management viel übersichtlicher, weil in diesen Fälle jeweils nur eine oder wenige Dörfer im Projekt integriert sind.

- Von grösster Wichtigkeit erachten wir die Begleitung des Projektes nach der Inbetriebnahme. In unserem Fall mussten wir seit der Inbetriebnahme unzählige Male unsere Erfahrungen und unser Wissen in Basis einfließen lassen (Lawinen- und Steinschlagschäden, Relaisschaden bei Überspannung, Optimierung der SPS-Steuerung).
- Die Projektleitung muss aus unserer Erfahrung nicht immer sogenannt professionell sein (wenn man Professionalität mit Entlohnung gleichsetzt). Alle unsere Projektleiter (sowohl in der Schweiz, als auch in Tadschikistan arbeiteten auf unbezahlter Basis), dadurch hatten wir auch keine Mehrkosten aufgrund der Projektverzögerung. Sie machte diese Arbeit sehr gut und aus reiner Überzeugung und nicht als "Brotjob". Somit konnten wir auch sehr viel Geld vor Ort investieren.

8. Referenzen

Droux und Hoeck, 2003 Diplomarbeit (Kap. Ausgangslage)

Gurtner, M., 2011: Projektgesuch an die REPIC-Plattform (Kap. Ziele)

Links:

Projekt News und aktuelle Bilder:

<http://www.pamirenergie.ch/blog/>

Presseecho:

<https://www.migrosmagazin.ch/menschen/portraet/artikel/droux-power-fuer-das-dach-der-welt>

<http://www.cipra.org/de/cipra/schweiz/aktivitaeten-projekte/cipra-preis-schweiz-2016>

www.ozodi.org

www.ozodagon.com

<http://theopenasia.net>

9. Anhang

- Bildergalerie
- Technische Zeichnungen der Anlage
- Manual (Handbuch)
- Kursunterlagen