

## Kleinwasserkraftwerke für abgelegene Bergdörfer in Ladakh, Indien

### Schlussbericht



Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW  
Institut Bauingenieurwesen

Gründenstrasse 40, 4132 Muttenz

Tel. +41 (0)61 467 46 11

E-Mail [bauing.habg@fhnw.ch](mailto:bauing.habg@fhnw.ch)

Muttenz, Mai 2011

## **Projektteam**

Prof. Dr.-Ing. Peter Gonsowski

Leif Karcheter, dipl. Bauing. FH

Christian Ardüser, dipl. Bauing. FH

## Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	5
2	Ausgangslage .....	7
2.1	Aus projektspezifischer Sicht.....	7
2.2	Aus entwicklungspolitischer Sicht.....	8
2.2.1	Wirtschaftlich .....	8
2.2.2	Ökologisch.....	8
2.2.3	Sozial und kulturell .....	9
3	Projektziele.....	10
3.1	Generelle Zielsetzungen .....	10
3.2	Spezifische Zielsetzungen .....	10
4	Aktivitäten und Resultate .....	12
4.1	Übersicht .....	12
4.2	Pilotanlage.....	14
4.2.1	Projektierung .....	14
4.2.2	Laborversuch.....	14
4.2.3	Planung .....	14
4.2.4	Realisierung .....	15
4.2.5	Betrieb .....	17
4.3	Ausbildungsprogramm .....	18
4.3.1	On-Job Training.....	18
4.3.2	Training Workshop .....	19
4.3.3	Handbuch .....	20
4.3.4	Schulung und Unterstützung der Nutzer.....	20
4.4	Bau einer weiteren Anlagen.....	21
4.4.1	Projekt .....	21
4.4.2	Finanzierung.....	21
4.4.3	Umsetzung Sommer 2011 .....	22

5	Anlage Bartoo, Betrieb nach einem Jahr.....	22
6	Erschwernisse bei der Projektumsetzung.....	22
7	Beurteilung und Diskussion .....	23
8	Ausblick.....	25
9	Bilder zur Dokumentation.....	26
10	Dank .....	31
11	Finanzen.....	32
12	Zusätzliche Dokumente .....	32
13	Abkürzungsverzeichnis .....	32
13.1	Karte von Ladakh .....	33

# 1 Zusammenfassung

Nach einer gut dreijährigen Laufzeit des Entwicklungsprojekts zur Förderung des Kleinwasserkraftwerksbaus in Ladakh (Nordindien) endet das Engagement der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW), das durch die REPIC-Plattform mit finanziellen Mitteln unterstützt wurde. Das vorliegende Projekt hat dazu beigetragen Planung und Ausführung von Kleinwasserkraftwerken unseres indischen Partners zu verbessern. Dies kommt direkt der Bergbevölkerung in abgelegenen Tälern der nordindischen Himalaya-Region zugute.

Das Projekt fokussierte auf den technischen Wissenstransfer von Seiten der FHNW. So konnten parallel zur Realisierung eines Kleinwasserkraftwerks auch die Techniker von LEDeG gezielt geschult werden. LEDeG ist die Abkürzung von Ladakh Ecological Development Group. Sie ist der indische Projektpartner der FHNW. Die Zusammenarbeit kam zu Stande, nachdem zwei Studenten der FHNW ihre Diplomarbeiten in Indien anfertigen konnten. Als Partner von LEDeG im Bereich Entwicklungszusammenarbeit war auch die Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA) beteiligt.

Nach der von Seiten der FHNW abgewickelten Planungsphase der Pilotanlage, in die auch LEDeG und ein Elektroingenieur von Entec AG beteiligt waren, konnte Ende August 2009 mit dem Bau des Wasserkraftwerks begonnen werden. Zwei Mitarbeiter des Instituts Bauingenieurwesen begleiteten den Bau vor Ort für die Dauer von zwei Monaten. Die örtliche Bauleitung und vor allem das Coaching der Techniker waren in diesem extremen Arbeitsumfeld sehr anspruchsvoll. Da sich die Baustelle in einem für Fahrzeuge schwer zugänglichen Gebiet befindet, mussten alle Baumaterialien über mehrere Kilometer zu Fuss oder mit Lasttieren transportiert werden. So forderte auch die unregelmässige Verfügbarkeit von Baumaterialien infolge von Lieferverzögerungen ein hohes Mass an Flexibilität. Zudem stiess man auf sozio-kulturelle Schwierigkeiten, die es zu lösen gab. Politische Querelen innerhalb des Dorfes verzögerten zunächst den Baubeginn. Mit Hilfe von Lokalpolitikern, dem Leiter von LEDeG und dem stellvertretenden Direktor von BORDA gelang es diese zu schlichten und so den Bau voranzutreiben. Nach diesen Verhandlungen waren alle Gruppierungen zufrieden und die Dorfgemeinschaft wieder geeint.

In der Folge konnte die Pilotanlage in mehreren Etappen mit der handwerklichen Unterstützung der Bevölkerung fertiggestellt werden. Die Mitarbeiter der FHNW betreuten den Bau aller Foundationen, die Errichtung der Druckleitung sowie die Installation der Turbine und legten selbst bei der praktischen Arbeit Hand an. Das Ausgleichsbecken vor der Druckleitung wurde von den einheimischen Technikern mit dem während der Bauarbeiten angeeigneten Wissen selbständig fertiggestellt. Die Verwendung von stahlarmiertem Beton war für sie neu. Doch der Nutzen und die Handhabung waren allen schnell klar. Anfang November 2009 wurde die Anlage in Betrieb genommen und an die rund 520 Einwohner zählende Dorfbevölkerung übergeben, die 60 Haushalte umfasst. Ein Komitee aus mehreren Bewohnern verwaltet seither das Kleinwasserkraftwerk. Zudem wurde ein Anlagenwart bestimmt, der für den Betrieb verantwortlich ist.

Die Mitarbeiter des Instituts Bauingenieurwesen der FHNW verfassten ein Handbuch, welches unter anderem der LEDeG bei der Ausarbeitung von Projektstudien als Nachschlagewerk dienen soll. Das 120-seitige Handbuch bildet die Grundlage des Wissenstransfers. Die für ein Kleinwasserkraftwerk in Ladakh typischen Bauwerke werden darin behandelt. Es ist so aufbereitet, dass eine vereinfachte, technisch korrekte Dimensionierung möglich ist und die in der Vergangenheit gemachten Fehler vermieden werden können. Allgemeine Informationen über die Kleinwasserkraft sowie je ein Kapitel zum Thema Hydrologie und Hydromechanik sind ebenfalls darin enthalten. Die Dokumentation wurde mit Beispielen und Übungen ergänzt. Parallel zum Bau der Anlage konnten den Technikern mit Hilfe des Handbuchs die jeweiligen Dimensionierungsgrundlagen der einzelnen Bauwerke erklärt werden. Dies hilft ihnen nun dabei die einzelnen Bauetappen zu planen und auszuführen.

Um das Thema Wasserkraft zu verbreiten und als bewährte Technik bekannt zu machen, wurde Ende September 2009 ein internationaler Workshop durchgeführt. Dies geschah in enger Zusammenarbeit mit BORDA CDD. Dank deren Netzwerk konnte eine Vielzahl von Nichtregierungsorganisationen, Regierungsvertreter und Personen aus der Privatindustrie erreicht werden. Auf die Ausschreibung des Workshops meldeten sich über 60 Interessenten, vor allem aus Indien, aber auch aus Pakistan, Afrika und Nepal. Da die Personen aus Afrika und Pakistan keine Einreisebewilligung erhielten, konnten sie nicht am Workshop teilnehmen. Die Teilnehmerzahl wurde aus Kapazitätsgründen auf 20 Personen beschränkt. Die Veranstaltung dauerte elf Tage und beinhaltete neben umfangreichem Grundlagenwissen auch Besichtigungen bestehender Kleinwasserkraftanlagen im Raum Kargil (Bezirk Jammu & Kashmir). Im Rahmen dieses Workshops diente das FHNW-Handbuch als Skriptum und Arbeitsunterlage. So konnten die Institutsmitarbeiter der FHNW während vier voller Tage spezifisches Bauwissen im Bereich Kleinwasserkraft weitergeben. Weitere Referenten thematisierten die Turbinenwahl, das benötigte elektrische Grundwissen und informierten über die sozialen Aspekte bei der Planung und Umsetzung. Auch erhielten die Teilnehmer an einem von Leica Geosystem gesponserten Tachymeter eine Einführung.

Des Weiteren legte die FHNW im Rahmen ihrer Bachelorarbeiten die Grundlagen für künftige Wasserkraftanlagen in Ladakh. Im Sommer 2009 wurden durch zwei Diplomanden der FHNW vor Ort mehrere Standorte für Wasserkraftanlagen evaluiert. Für zwei Standorte wurde je ein Vorprojekt ausgearbeitet. Somit verfügt LEDeG über weitere Projekte, die in Zukunft umgesetzt werden sollen. Die Arbeiten dienen zudem als Vorlage bei der Suche nach zukünftigen Geldgebern.

Mit dem Bau der Pilotanlage, den Schulungen am Projekt, dem Anfertigen des Handbuchs und der Durchführung des Workshops hinsichtlich Nachhaltigkeit wurden die gesteckten Projektziele der Fachhochschule Nordwestschweiz erreicht und die Basis für weitere Projekte vorbereitet. Ein interessantes und vor allem interkulturelles Projekt geht somit zu Ende.

## 2 Ausgangslage

Das ehemalige Königreich Ladakh liegt im indischen Bundestaat Jammu und Kashmir. Ladakh erstreckt sich zwischen den Gebirgsketten des Himalayas und des Karakorums sowie dem oberen Tal des Indus. Das Gebiet ist weitgehend hochgebirgig und dünn besiedelt. Die Täler befinden sich auf einer Höhe von 3000 m ü. M. Die Berge erreichen Höhen von über 7000 m ü. M. Die Hauptstadt von Ladakh ist Leh mit ca. 27.500 Einwohnern. Ladakh grenzt im Osten an China und im Westen an Pakistan. Die wirtschaftlichen und klimatischen Rahmenbedingungen stellen für die dort lebende Bevölkerung eine grosse Herausforderung dar. Die kargen, zeitlich nur begrenzt nutzbaren Böden erlauben lediglich eine entbehrungsreiche Subsistenzwirtschaft. Die medizinische Versorgung beschränkt sich auf wenige Gesundheitseinrichtungen in den grösseren Siedlungen.

Eine Möglichkeit zur Verbesserung der Lebensqualität, speziell für Bewohner in abgelegenen Gebieten, ist die Bereitstellung elektrischer Energie, welche durch Kleinwasserkraftwerke gewonnen werden kann. Der erzeugte Strom kann für Beleuchtung, für Antrieb von Kleingeräten im Handwerk oder für Radio und TV genutzt werden. Im Rahmen einer Diplomarbeit an der Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) konnte festgestellt werden, dass durch Verbesserungen von Planungsdetails und einer veränderten Betriebsführung die Effizienz der bereits bestehenden bzw. der bedarfsmässig neu zu planenden Anlagen wesentlich gesteigert werden kann. Die bestehenden Anlagen wurden grösstenteils nicht mit den erforderlichen Bauwerken zur Entsandung ausgestattet, was immer wieder zum Stillstand der Anlagen führt und das Vertrauen in die Wasserkraftnutzung erschüttert.

### 2.1 Aus projektspezifischer Sicht

Die dezentrale Energieversorgung in Ladakh ist ein wichtiges Instrument um die Entwicklung des ländlichen Raums voranzutreiben. Die Kleinwasserkraft bietet dabei für viele der abgelegenen Bergdörfer die einzige sinnvolle Möglichkeit aus regenerativen Ressourcen Strom zu produzieren. Mit LEDeG wählte man für dieses Projekt einen Partner, welcher sich bereits in den vergangenen 18 Jahren mit der Kleinwasserkraft in Ladakh beschäftigte und den Bau von mehr als 50 Anlagen im Leistungsbereich von 5 bis 35 kW initiiert hatte. In der Vergangenheit verfügte LEDeG jedoch nicht über die nötigen Kenntnisse um die Dimensionierung und Planung der Anlagen nachhaltig zu bewerkstelligen und konzentrierte sich deshalb verstärkt auf die sozioökonomische Komponente. So kam es, dass die installierten Anlagen oft über-, unter- oder fehdimensioniert wurden. Das von REPIC mitgetragene Projekt setzt an dieser Stelle an, um die bestehenden Strukturen zur Verbreitung der Kleinwasserkraft in Ladakh zu verbessern und deren Defizite zu verringern.

Projektmanagement, technische Dimensionierung und Realisierung von Kleinwasserkraftanlagen wurden als die drei Schwerpunkte des daraus entstandenen Projekts definiert. Man einigte sich gemeinsam mit den Projektpartnern LEDeG und BORDA darauf ein Pilotprojekt durchzuführen an dem exemplarisch die verschiedenen Planungs- und Realisierungsschritte durchgearbeitet und dokumentiert werden sollten (Learning Project).

Für den Standort der Pilotanlage wurde die Dorfgemeinde Bartoo gewählt, die sich in einem Seitental des Suru, ca. 25 km östlich von Sankoo im Kargil Distrikt befindet. Bartoo eignet sich deshalb hervorragend als Pilotgemeinde, weil es für die Gegend charakteristische Rahmenbedingungen hat. Die Gemeinde zählt ca. 520 Einwohner verteilt auf 60 Haushalte, die hauptsächlich als Selbstversorger von Ackerbau und Viehzucht leben. Die landwirtschaftlichen Flächen werden durch ein gut ausgebautes Bewässerungssystem versorgt, in welches sich mit einigen Anpassungen die Anlage integrieren lässt. Des Weiteren gibt es in Bartoo eine Primar- und Mittelschule mit einem Einzugsgebiet über die Dorfgrenzen hinaus. Seit 2009 ist Bartoo mit einer Strasse verbunden.

Der Staat kommt der Aufgabe der Stromverteilung nicht nach, ist aber interessiert an einem dezentralen Lösungsansatz und soll für zukünftige Projekte als Finanzpartner gewonnen werden.

## 2.2 Aus entwicklungspolitischer Sicht

Das Gebiet um Bartoo kann stellvertretend für Ladakh, speziell für den Kargil Distrikt betrachtet werden. Die Stromversorgung abseits der Distrikthauptstadt Kargil ist mangelhaft bzw. existiert gar nicht. Selbst Sankoo, ein Ort mit eigenem Markt an der Passstrasse nach Manali hat lediglich für ein paar Stunden am Tag Strom, produziert von einem dieselbetriebenen Generator. Unmittelbar angrenzende Orte werden bereits nicht mehr bedient und will man der Lokalregierung Glauben schenken, wird auch die Inbetriebnahme des Chutak Kraftwerks (44 MW installierte Leistung) bei Kargil keine Abhilfe leisten. Das bedeutet, dass für die abgelegenen Seitentäler lediglich Inselfösungen auf Basis von lokalen Ressourcen oder Dieselgeneratoren in Frage kommen, sofern eine Strassenanbindung die Belieferung mit Kraftstoff gewährleistet.

### 2.2.1 Wirtschaftlich

Ladakh ist durch die topografische Lage von der rasanten wirtschaftlichen Entwicklung Indiens abgeschnitten. Neben dem Militär, das vor allem wegen der Nähe zur pakistanischen und chinesischen Grenze Präsenz zeigt, ist der Tourismus der zweite grosse Arbeitgeber in der Region. Die Gegend um das Suru Tal profitiert jedoch nicht wie Leh vom boomenden Trecking Tourismus, welcher für viele Familien dort eine Haupteinnahmequelle ist. Dies liegt auch daran, dass wegen der schlechten Infrastruktur und der Distanz zu den Flughäfen Leh und Srinagar keine Touristenströme im grossen Masse ihren Weg dorthin finden. Zwangsläufig trifft man hier noch auf intakte Dorfgemeinden, die weitgehend von Ackerbau und Viehzucht ihren Unterhalt bestreiten, aber keinen Spielraum für Entwicklung haben. Die entbehrungsreiche Subsistenzwirtschaft ist nicht profitabel genug, um ein Energieprojekt dieser Grösse aus eigener Kraft zu finanzieren. Anders formuliert lässt sich ohne eine Anschubfinanzierung von aussen in dieser Region ein Vorhaben dieser Art nicht realisieren.

Mit der Verfügbarkeit von Elektrizität ergeben sich für diese Siedlungen neue Wachstumsperspektiven und die Hoffnung auf einen verbesserten Lebensstandard. Strom durch Wasserkraft zur Elektrifizierung ländlicher Gebiete fördert die Unabhängigkeit von fossilen Rohstoffen und lässt Arbeitsplätze entstehen. Durch die Nutzung der lokal vorhandenen Ressourcen stehen die eingezogenen Stromgebühren dem Dorf für neue Investitionen zur Verfügung.

### 2.2.2 Ökologisch

Die klimatischen und topografischen Randbedingungen in Ladakh sind nicht unbedingt für den Ackerbau prädestiniert. Anbauflächen müssen dem kargen, wüstenähnlichen Gebirgsboden abgerungen werden. Mit aufwendigen Bewässerungssystemen werden die sonnigen Hänge und Täler begrünt und als Lebensgrundlage erst nutzbar gemacht. Anders als in anderen Teilen der Welt, wo oft Raubbau und Versteppung mit dem Siedlungsbau einhergehen, wird hier Lebensraum für Mensch und Tier gewonnen. Allerdings stehen diese neugewonnenen Ökosysteme in einem fragilen Gleichgewicht von Mensch und Natur. Jeder Eingriff muss wohl überlegt sein. In vielerlei Hinsicht stehen diesen Lebensräumen Änderungen bevor, sei es durch eine gesellschaftliche Entwicklung oder durch einen Wandel des Klimas. Dies bedeutet, dass die Ökologie des betroffenen Gebietes keine Nachteile, besten Falles sogar eine Verbesserung durch den Eingriff erfahren soll.

Neben den bewirtschafteten Grünflächen sollen natürlich auch die Gewässer bei einem solchen Eingriff berücksichtigt werden. Eine kritische Stelle ist jeweils die Wasserentnahme sowie die Wasserrückgabe. Bei der Wasserentnahme muss das Gewässer durch ein Kontrollbauwerk unterbrochen werden, was die Fischwanderung verhindern kann. Bei der Wasserrückgabe können betriebsbedingt entweder Sunk-



oder Schwallwellen verursacht werden. Beide Formen der Abflussänderungen haben im Gewässer negative Folgen. Einerseits können bei Sunk Lebensräume trocken gelegt und andererseits bei Schwall Lebensräume weggespült werden. Fliessgewässer im Hochgebirge haben ein robusteres Ökosystem als langsam fliessende Gewässer in tieferen Lagen. Dies ist bedingt durch die starken Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht, Sommer und Winter sowie schnelles An- und Abschwellen infolge extremer Niederschlagsereignisse.

Der in Ladakh aus Wasserkraft erzeugt Strom ist nachhaltig und umweltfreundlich. Als Alternative zu Dieselgeneratoren werden CO<sub>2</sub>-Emissionen vermindert und lange Transportwege reduziert.

### **2.2.3 Sozial und kulturell**

Die im Kargil Distrikt mehrheitlich verbreiteten schiitisch-muslimisch geprägten Gemeinden teilen mehr oder weniger die gleiche Kultur mit den mehrheitlich im Leh Distrikt angesiedelten tibetisch-buddhistisch geprägten Gemeinden.

Die soziale Zusammengehörigkeit in den Bergdörfern Ladakhs ist mehr oder weniger stark ausgeprägt. Oft lässt sich eine Aussage bereits treffen, wenn man die Anordnung der Häuser in einem Dorf betrachtet, wobei eine konzentrierte Bebauung auf eine starke Geschlossenheit der Gemeinde hinweist. Bei einem losen Verbund und grosser Distanz zwischen den einzelnen Höfen stehen eher die Interessen der einzelnen Familien im Vordergrund. Für letzteren Fall ist es schwieriger ein Projekt zu initialisieren, da es oft schwer ist einen gemeinsamen Nenner zu finden.

Die Absicht eine Kleinwasserkraftanlage für eine solche Gemeinde zu planen und zu realisieren bringt eine neue Dimension an Verantwortung in sozialer und kultureller Hinsicht mit sich. Mit der Bereitstellung des Stroms werden neue Möglichkeiten geschaffen und ggf. traditionelle Arbeitsschritte überflüssig. Dies zieht gezwungenermassen einen Wandlungsprozess nach sich, der seine Opfer fordern kann, falls er unbeachtet bleibt. Des Weiteren bringt der Betrieb einer Wasserkraftanlage einige administrative Herausforderungen mit sich, die es zu bewältigen gilt. Einerseits ist ein reibungsfreier Betrieb mit entsprechenden Wartungs- und Unterhaltmassnahmen zu gewährleisten. Andererseits müssen Tarife und Rücklagen verwaltet werden. Eine Gemeinde, die bis anhin von Ackerbau und Viehzucht gelebt hat, muss diesbezüglich instruiert werden.

## 3 Projektziele

### 3.1 Generelle Zielsetzungen

Die Nutzung von Wasser als Energieträger wird regional gefördert. Das Bewusstsein der verschiedenen Akteure im lokalen Energiesektor wird so sensibilisiert. Dies mit Hinsicht auf weitere Projekte und Geldgeber. Wo möglich sollte die Wasserkraft fossile Energieträger ablösen oder gar nicht erst zum Einsatz bringen. Im Allgemeinen soll das Bewusstsein zur Nutzung von regenerativen Energiequellen gefördert und die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen gemindert werden. Die Verbreitung der Wasserkraft steht dabei im Vordergrund.

Die Entwicklung schreitet voran und macht auch nicht vor den abgelegenen Bergdörfern im Himalaya halt. Ein Anschluss an das Stromnetz ist in den meisten Fällen nicht machbar. Die Dörfer in dieser gebirgigen und stark zersiedelten Region sollen dennoch mit Strom versorgt werden, um ihnen so schrittweise eine Verbesserung der Lebensqualität zu ermöglichen. Strom ermöglicht Einkommen und bildet in den meisten Fällen die Grundlage für Kleingewerbe. Auch können so gesundheitsschädliche Lichtquellen (Benzin, Holz) durch elektrisches Licht abgelöst werden. Die Elektrifizierung eröffnet neue Möglichkeiten, die die Abwanderung aus dem ländlichen Raum bremst oder gar verhindert.

#### **Stichwortartig die generellen Zielsetzungen:**

- Verbesserung der Lebensbedingungen
- Verminderung der Landflucht
- Schaffung von Einkommensmöglichkeiten
- Förderung regenerativer Energie
- Minderung der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen

### 3.2 Spezifische Zielsetzungen

Das Hauptziel des Projekts besteht darin, im technisch-praktischen Bereich gezielt Wissenstransfer zu betreiben. Die von unserem Lokalpartner LEDeG errichteten Kleinwasserkraftanlagen weisen zahlreiche bauliche Mängel auf. Auch die Planung basiert auf einem eher geringen Wissen, was zu einem hohen Verschleiss an Bauwerken und Bauteilen führt. Dabei handelt es sich um Mängel, die mit einfachen konzeptionellen und technischen Anpassungen reduziert bzw. behoben werden können. Somit ist es möglich die Anlagen nachhaltig zu betreiben und die projektierte elektrische Leistung zu erreichen. Als Werkzeug für den Wissenstransfer dient die praktische Umsetzung der Pilotanlage in Bartoo. Die Techniker unserer Partnerorganisation sollen so 'On-Job' trainiert werden. Zudem wird von Seiten der Fachhochschule Nordwestschweiz ein Handbuch zur Planung solcher Kleinwasserkraftanlagen erstellt.

Mit dem Projekt ist vorgesehen exemplarisch eine Kleinwasserkraftanlage mit einer installierten Leistung von 25 kW zu errichten. Die produzierte Energie soll direkt der Dorfbevölkerung von Bartoo zur Verfügung gestellt werden. Die Planung und die Bauleitung übernimmt dabei das Institut Bauingenieurwesen der Fachhochschule Nordwestschweiz in Zusammenarbeit mit Mitarbeitern von LEDeG. So kann der Wissenstransfer direkt am konkreten Objekt stattfinden. Auch wird neues Inventar angeschafft, was den Bau und die Qualität derartiger Kleinwasserkraftwerke wesentlich verbessert.

Diese Anlage soll als Referenzprojekt für mögliche Geldgeber neuer Projekte dienen. Wobei hier auch die Lokalregierung in Frage kommt. Auf Basis des Dokumentierungsstandes der Anlage wird das Kleinwasserkraftwerk in Bartoo als Anschauungsobjekt für die Techniker von LEDeG hinsichtlich der Planung und dem Bau von weiteren Anlagen dienen. Parallel zur Planung wird ein Komitee gegründet, das die Aufgabe hat seine Anlage sowie deren Stromproduktion zu verwalten. Dieses Gremium, deren Mitglieder ausschliesslich Bewohner von Bartoo sind, bestimmt mit der Unterstützung von LEDeG den Maschinenwart und das Tarifsysteem.

Das Handbuch soll als Nachschlagewerk bei der Planung weiterer Kleinwasserkraftanlagen dienen und muss so an die lokalen Rahmenbedingungen angepasst werden. Konzeptionell handelt es sich um ein Nachschlagewerk, welches die nötigen Grundlagen zur Erarbeitung von Vorstudien vermittelt. Die Themen Hydrologie und Hydrostatik/-dynamik sind darin enthalten. Zudem werden die wichtigsten Bauwerke behandelt und Dimensionierungsansätze aufgezeigt. Die Techniker werden während des Baus der Pilotanlage parallel an diesem Handbuch geschult, so dass sie direkt nachvollziehen können, was auf der Baustelle errichtet wird. Die praktische Umsetzung und der theoretische Hintergrund werden so kombiniert vermittelt.

Indien verfügt über ein grosses Potential an Wasserkraft, welches aber nur zu einem geringen Teil ausgeschöpft wird. Dazu kommt die an den meisten Orten prekäre Stromsituation. Die Kleinwasserkraft kann da teilweise Abhilfe leisten. Um die Verbreitung des Themas Wasserkraft zu fördern soll, in Zusammenarbeit mit BORDA diesbezüglich ein internationales Training durchgeführt werden. Ingenieure, Vertreter der Lokalregierung und Mitarbeiter von Nichtregierungsorganisationen werden auf die Nutzung von Wasserkraft aufmerksam gemacht und erhalten eine mehrtägige Schulung. In diesem Rahmen wird auch das Handbuch zum Einsatz kommen und dient als Grundlage für einzelne Lektionen. Diese Veranstaltung hat zum Ziel Wasserkraftinteressierte zusammenzubringen, um so die Verbreitung in Indien und über die Grenzen hinaus zu unterstützen.

LEDeG ist die einzige Nichtregierungsorganisation in der Region Ladakh, welche dezentrale Kleinwasserkraftwerke baut. Vereinzelt engagiert sich auch das Militär in diesem Bereich. Dies aber mit einem mässigen Erfolg und dem Ergebnis, dass praktisch alle Anlagen still stehen. Die Absicht des Militärs besteht grundsätzlich darin, in einer strategisch wichtigen Gegend das Wohlwollen der Bevölkerung zu gewinnen. Der erfolgreiche Betrieb der Anlagen soll aber auch da im Vordergrund stehen. Durch die angestrebte Zusammenarbeit von LEDeG mit der Lokalregierung können solche Anlagen nachhaltiger errichtet und betrieben werden. Die Kooperation hat zusätzlich zum Ziel, dass in Dörfern mit Strassenanschluss, wo immer möglich, keine Grossgeneratoren zur Stromproduktion eingesetzt werden. Die Evaluierung von möglichen Standorten ist ebenfalls ein Teil dieser Kooperation.

#### **Stichwortartig die spezifische Zielsetzungen:**

- Technologie- und Wissenstransfer
- Steigerung der Nachhaltigkeit von technischen Anlagen
- Bau einer Pilotanlage in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern
- Verbesserung der Bauqualität mit adäquatem Werkzeug/Inventar
- Verfassen eines Handbuchs zur Planung von Kleinwasserkraftanlagen
- Referenzprojekt für weitere Geldgeber

## 4 Aktivitäten und Resultate

Die Aktivitäten dieses Entwicklungshilfeprojekts können grob in zwei Hauptgruppen gegliedert werden:

- Ausbildungsprogramm
- Pilotanlage

Der Wissenstransfer steht an oberster Stelle. Um dies möglichst nachhaltig zu festigen, wurde das zu vermittelnde Wissen in einem Handbuch niedergeschrieben und direkt am Beispiel einer Pilotanlage umgesetzt. Eine gezielte Ausbildung der Mitarbeiter von LEDeG und 20 weiterer Wasserkraft-interessierten konnte durchgeführt werden.

### 4.1 Übersicht

	<b>Aktivitäten</b>	<b>Erwartete Resultate</b>	<b>Erzielte Resultate</b>
Wissenstransfer	On-Job Training	Die fachspezifischen Mitarbeiter von LEDEG sind im Bereich Wasserkraftnutzung trainiert	Die Techniker von LEDEG wurden parallel zum Bau der Pilotanlage geschult (Planung und Ausführung) Die Sachbearbeiter sind mit dem allgemeinen Projektablauf vertraut
Planung eines 25 kW Kleinwasserkraftwerks (Pilotanlage)	Vorprojekt/ Machbarkeitsstudie Datenerhebung Planung	Standort der Anlage ist definiert Notwendige Abflussdaten erheben und interpolieren Geländeaufnahmen sind vorhanden Machbarkeitsstudie ist verfasst Planung ist abgeschlossen	Das zu bebauende Landstück wurde vom Besitzer an die Dorfgemeinschaft übergeben 2007 und 2008 wurden jeweils Abflussmessungen durchgeführt und interpoliert Das detaillierte Ausführungsprojekt ist verfasst und das dazu gehörende Planmaterial vorhanden Ausschreibungsunterlagen und der Massenauszug liegen vor
Informationsstand der Dorfbevölkerung	Vorabbesuche Zusammenstellen des Electricity Management Committee (EMC) Schulungen	Die Dorfbevölkerung ist auf das Bauvorhaben und die damit verbundenen Veränderungen vorbereitet	Das EMC besteht und ist verantwortlich für die Verwaltung der Anlage und die damit verbundenen Einnahmen Das EMC eröffnete ein Bankkonto für die Einnahmen Die Dorfbevölkerung wurde in mehreren Schulungen auf die Gefahren der Elektrizität vorbereitet

			Die beiden Anlagenwarte wurden auf ihre Aufgabe mittels Schulung während und nach dem Bau vorbereitet
Bau eines 25 kW Kleinwasserkraftwerks (Pilotanlage)	Umsetzung/Bau Inbetriebnahme  Aufbau eines dorfinternen Stromnetzes	Aufbau einer Kleinwasserkraftanlage in Bartoo	Die Bauzeit erstreckte sich von Mitte August bis Ende November 2009  Die Inbetriebnahme der Anlage wurde in Begleitung von Mitarbeitern des Turbinenproduzenten durchgeführt  Ab Winter 2009/2010 verfügten 60 Haushalte mit insgesamt 520 Einwohnern über eine elektrische Grundversorgung
Modulares Handbuch	Erarbeiten eines Handbuchs zur Projektierung von Kleinwasserkraftanlagen	Den Technikern von LEDeG soll ein Nachschlagewerk zur Verfügung stehen, das auf ihre lokalen Bedürfnisse bei der Planung zugeschnitten ist  Inhalt: Projektgrundlagen Machbarkeitsstudie Hydrologie Hydromechanik Einlaufbauwerke Absetzbecken Ausgleichsbecken Druckleitung	Das Handbuch diente zur Erläuterung von Fragestellungen während des Baus  20 Teilnehmern des internationalen Trainingsworkshops wurde der Inhalt des Handbuchs vermittelt (Frontalunterricht und Übungslektionen)  Das Handbuch steht LEDeG und dem BORDA-Netzwerk für weitere Planungsarbeiten zur Verfügung
Internationales Training	Schulung	Wasserkraftnutzung als effiziente Alternative bekannt machen	20 Personen wurden innert 11 Tagen mit der Wasserkraftnutzung vertraut gemacht  Soziale, administrative und technische Aspekte wurden behandelt
Machbarkeitsstudien für weitere Standorte	Evaluation	LEDeG weitere ausgearbeitete Projekt zur Verfügung stellen	Für die beiden Standorte Yarkashing-Pangbar und Khandi stehen ausgearbeitete Projekte zur Verfügung  Die beiden Machbarkeitsstudien wurden durch zwei Studenten der FHNW verfasst, es handelt sich um ihre Bachelor-Thesis
Förderung regenerativer Energie	Umsetzung des Gesamtprojekts	Möglichst viele Akteure über die	Durch die Bereitstellung von Energie aus Wasserkraft

		Möglichkeiten der Wasserkraftnutzung informieren	kann in Bartoo auf den Dieselgenerator verzichtet werden  Das Vertrauen in die Wasserkraft konnte bei allen Akteuren gestärkt werden
--	--	--	--

## 4.2 Pilotanlage

Als zentrale Aktivität des Projekts ist der Bau eines Kleinwasserwerks als Pilotanlage das Ziel. Zum einen soll die Pilotanlage Bartoo ein Beispiel für weitere potentielle Anlagen in der Umgebung sein, zum anderen soll ein mehrköpfiges Team von LEDeG mit der Planung und der Realisierung vertraut gemacht werden. Die Wahl des Standorts fiel auf Bartoo, eine 520 Einwohner zählende Gemeinde im Barsootal, einem Seitental des Suru, 25 km östlich von Sankoo im Kargil Distrikt. Man entschied sich für diesen Standort, weil das Verbreitungspotential in dieser Gegend vielversprechend ist. Der Standort wurde bereits 2007 in einer Machbarkeitsstudie der FHNW als geeignet identifiziert.

### 4.2.1 Projektierung

Nachdem die Unterstützung des Projektes durch REPIC gesichert war, begann man mit der detaillierten Planung der Anlage. Zu diesem Zweck wurde der Standort nochmals vermessen und die Linienführung des Oberwasserkanals und der Druckleitung verifiziert. Des Weiteren wurde die Bevölkerung über die anstehenden Arbeiten informiert und sensibilisiert.

Die installierte Leistung wurde mit einem Durchfluss von 140 l/s und einer Bruttofallhöhe von 30 m auf 25 kW ausgelegt. Bei der Druckleitung entschied man sich für eine Stahlleitung aus geflanschten Rohren mit einem Innendurchmesser von 350 mm. Für die Konstruktionen aus Stahlbeton wurden entsprechende Schal- und Bewehrungspläne von Seiten der FHNW erstellt. Die Wahl der elektromechanischen Ausrüstung wurde in Absprache mit einem Experten getroffen, der heute für die Firma ENTEC arbeitet.

### 4.2.2 Planung

Die Ausschreibungsunterlagen wurden von Seiten der FHNW zusammengestellt. LEDeG konnte so mögliche Lieferanten kontaktieren und Angebote einholen. Hauptansprechpartner gegenüber den Lieferanten war somit immer eine indische Institution. Verhandlungen zu führen ohne den kulturellen Hintergrund zu besitzen wären von der Schweiz aus eher schwierig gewesen.

Im Dezember 2008 wurden die elektromechanische Ausrüstung sowie das Material für die Druckrohrleitung ausgeschrieben. Die Bestellung des Materials erfolgte über einen indischen Zulieferbetrieb mit Sitz in Delhi. Generator und Druckleitung wurden in Indien gefertigt, Turbine und Kontrolleinheit mussten aus Nepal importiert werden.

### 4.2.3 Laborversuch

Während der Projektierung stellte sich die Frage wie die Spülvorrichtung im Sandfang konstruiert werden soll. Bedingung ist die Installation eines einfach zu bedienenden und möglichst wartungsarmen Bauteils mit ausreichender Spülwirkung, die beim Öffnen des Verschlussorgans entsteht. Es wurden zudem verschiedene Kornfraktionen eingesetzt, um die Funktionstüchtigkeit der Vorrichtung zu testen. Dazu wurde eine praxistaugliche Spülklappe nachgebaut und ein entsprechender Prüfstand in unserem Versuchslabor an der FHNW eingerichtet.

Es handelt sich um eine Klappe, welche mit einer Gummidichtung bespannt und über ein Scharnier mit dem Ablaufrohr verbunden ist. Das Ablaufrohr ist scharfkantig und wird mittels Verschlussklappe geschlossen, auf die das Eigengewicht des Wassers drückt. Ein Führungsring verhindert das seitliche Verrutschen der Klappe beim Schliessen.



Abbildung 1 Versuchseinrichtung für Spülklappe am Institut Bauingenieurwesen der FHNW

#### 4.2.4 Realisierung

Die Installation der Anlage war auf Anfang Juni 2009 geplant und sollte nach zwei Monaten Bauzeit in Betrieb genommen werden. Nachdem sich bereits im Mai eine Verzögerung der Lieferung abzeichnete, war man sich einig die Bauaktivitäten um zweieinhalb Monate zu verschieben und erst nach der Erntezeit auszuführen. Letztendlich wurde erst Anfang September 2009 mit den Arbeiten begonnen. Mitte November konnte die Anlage nach einem erfolgreichen Probetrieb der Gemeinde übergeben werden.

Das Bauteam umfasste ca. 60 aus der Bevölkerung rekrutierte Hilfskräfte, vier Techniker von LEDeG und zwei Bauingenieure der FHNW. Die vier Techniker von LEDeG waren mit der Koordination der lokalen Hilfskräfte vertraut und für den Bau der Anlage verantwortlich. Techniker und Hilfskräfte wurden während 8 Wochen durch die Fachkräfte der FHNW in der Umsetzung der Pläne mit Rat und Tat unterstützt.

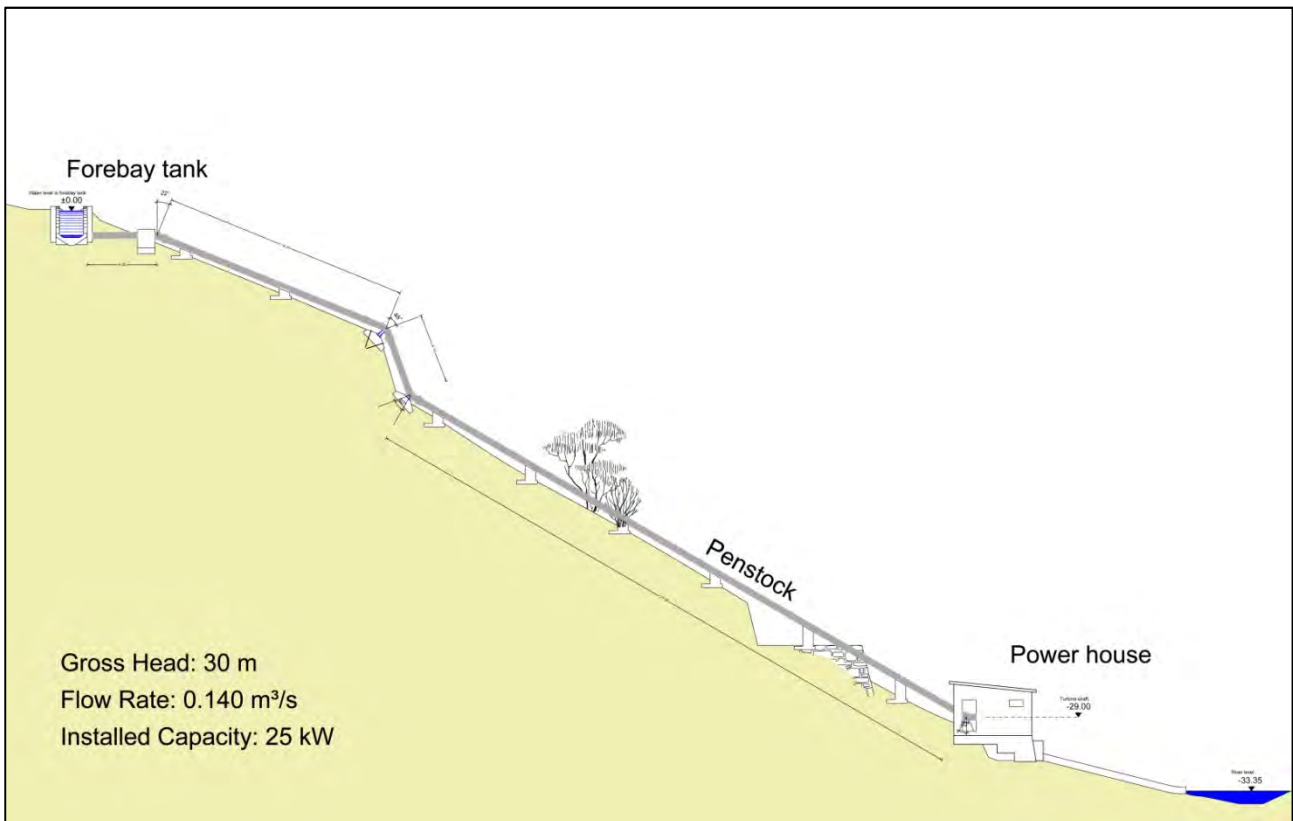


Abbildung 2 Längsprofil der Druckleitung

### Vermessung des Leitungstrasses

Turbinenhaus, Druckleitung und Ausgleichsbecken stellen eine zusammenhängende Einheit dar und müssen deshalb genau vermessen werden. Das Techniker-Team wurde dazu anhand eines extra für LEDeG angeschafften Tachymeters mit der Baustellenvermessung vertraut gemacht. Dabei galt es den Oberwasserstand, die Turbinenachse sowie sämtliche Fundationen der Druckleitung zu lokalisieren und abzustecken.

### Materialaufbereitung

Im Gegensatz zu den vorangegangenen von LEDeG durchgeführten Projekten wurde bei der Anlage stahlbewehrter Beton eingesetzt, der in Ladakh derzeit kaum professionelle Anwendung findet. Dazu war es nötig dementsprechende Zuschlagsstoffe vor Ort aufzubereiten. Aufgrund der örtlichen Geologie führte dies zu erheblichen Problemen in der Materialbeschaffung. Da sich der Sand in der unmittelbaren Nähe der Baustelle aufgrund hoher Schieferanteile nicht eignet, musste dieser über mehrere Kilometer aus dem Haupttal herbeigeschafft werden. Täglich wurden bis zu 20 Lasttiere eingesetzt, um die insgesamt 15 m<sup>3</sup> Sand in Säcken über die schmalen Gebirgspfade zu transportieren.

### Bau der Betonkonstruktionen und Massnahmen zum Hochwasserschutz

Für den Bau der Fundationen des Turbinengebäudes, des Ausgleichbeckens und der Druckleitungsaufleger mussten ca. 60 m<sup>3</sup> Erd- und Felsmassen bewegt werden. Der 630 m lange Zuleitungskanal wurde von 0.5 m Breite auf durchschnittlich 1.0 m ausgeweitet, wofür ca. nochmals 300 m<sup>3</sup> Erd- und Felsmassen bewegt werden mussten. Alle Erdarbeiten erfolgten im Handaushub. Zum Schutz vor Hochwasser wurde Erosionsschutz um den betroffenen Hang errichtet und dabei Trockenmauerwerk mit Drahtnetzen stabilisiert (Gabionen). Zur Erstellung der Betonkonstruktionen wurden wiederverwendbare Schalttafeln aus Holz eingesetzt. Diese wurden gemeinsam mit entsprechenden Werkzeugen zur Betonherstellung im Rahmen des Projektes angeschafft. Beton und Mauermörtel wurden ausschliesslich von Hand gemischt und verarbeitet. Die verarbeitete Betonmenge betrug knapp 30 m<sup>3</sup>. Wenn möglich wurde mit traditionellem Bruchsteinmauerwerk gearbeitet.



## Druckleitung

Die insgesamt 60 m lange Druckleitung wurde in Rohrstücken zu je 6 m geliefert. Die Montage erfolgte von unten nach oben wobei man abschnittsweise Gleitlager unter die Rohrstücke betonierte. Topographiebedingt entstanden drei Richtungsänderungen, die mit vorfabrizierten Rohrbögen fixiert wurden. Die Rohrbögen wurden in Festlager integriert und komplett einbetoniert. Auf jedem der drei Leitungsabschnitte sorgt ein Ausgleichsstück für die Kompensation der Längsausdehnung.



Abbildung 3 Ausrichten des Turbinenzulaufs

## Installation der elektromechanischen Anlagen

Unmittelbar vor dem untersten Festlager führt die Druckleitung mittels Übergangsstück auf die Turbine. Vor der Turbine ist eine Drosselklappe als Verschlussorgan angeordnet. Die Turbine selbst ist auf eine Stahlkonstruktion angeschraubt, welche wiederum mit dem Fundament des Turbinenhauses verbunden ist. Der Generator befindet sich auf der gleichen Stahlkonstruktion wie die Turbine und lässt sich zum Spannen der Keilriemen auf einer Schiene verschieben. Vom Generator führen die Stromleitungen direkt zu einem Kontrollschrank, welcher den Strom an das Netz, respektive an einen Ersatzwiderstand abgibt. Alle elektrischen und mechanischen Einrichtungen wurden von LEDeG-Technikern montiert und unter Anwesenheit des Lieferanten in Betrieb genommen.

### 4.2.5 Betrieb

Der Betrieb einer Kleinwasserkraftanlage ist nicht mit der technisch einwandfreien Umsetzung der Baustruktur gewährleistet. Es braucht ferner eine Instanz, welche sich um Betrieb und Unterhalt sorgt. Als Verwaltungsorgan der Anlage wurde das Electricity Management Committee (EMC) in Kooperation mit LEDeG ins Leben gerufen. Unter anderem hat das EMC folgende Aufgaben zu bewältigen.

- Tarifgestaltung für Privatabonnenten
- Tarifgestaltung für kommerzielle Abonnenten
- Überwachung und Berechnung der finanziellen Mittel
- Teilnahme an EMC-Forum (Erfahrungsaustausch mit anderen EMCs)
- Einstellung und Vergütung des Bedienpersonals
- Unterhalt eines Ersatzteillagers
- Initiieren von Interessengemeinschaften zur Nutzung des produzierten Stroms

Die Ernennung des EMC ist Teil der *Standard Operation Procedure (SOP)*, welche man während der Planung, des Baus und Betriebs der Anlage verfolgte. Um auch die Interessen beider Geschlechter zu vertreten, versuchte man auch Frauen für die Mitgliedschaft im EMC zu gewinnen. LEDeG hat mit dieser Art des Anlagenmanagements in der Vergangenheit gute Erfahrungen gemacht.

Die Stromkosten werden pro Verbrauchsobjekt erhoben. Bis zum jetzigen Zeitpunkt wird die produzierte Elektrizität lediglich für die Lichterzeugung genutzt. Der Einsatz einer Glühbirne während einem Monate kostet 30 Indische Rupien. Umgerechnet sind das ca. 0.60 Schweizer Franken. Das EMC plant nach einem Betriebsjahr den Strompreis zu erhöhen, um die Nachfrage entsprechend steuern zu können.

Die Dorfgemeinschaft ist zurzeit daran Finanzmittel aufzutreiben, um eine Getreidemühle, einen Warmwasserboiler für die Moschee und mehrere kleinere Maschinen anzuschaffen.

### 4.3 Ausbildungsprogramm

Als zweites Hauptziel des Projekts stand der Wissenstransfer im Fokus. Um die Zielgruppe bestmöglich zu erreichen, bediente man sich verschiedener Werkzeuge:

- *On-Job* Ausbildung
- Internationale Fortbildungsveranstaltung
- Bereitstellung eines Handbuchs als Nachschlagewerk zur Erstellung von Vorstudien und Dimensionierung von Bauelementen des Wasserbaus

#### 4.3.1 On-Job Training

Die On-Job-Ausbildung wurde speziell auf die Techniker von LEDeG zugeschnitten. Dabei standen zwei Themen für die On-Job Wissensvermittlung im Vordergrund:

- Erfassung von hydrologischen und topografischen Daten
- Leitung der Bauarbeiten

Der erste Teil fokussiert auf die Erstellung von Planungsgrundlagen einer Kleinwasserkraftanlage. Dies beinhaltet einen sicheren Umgang mit den entsprechenden Messgeräten sowie die Kenntnis über die Interpretation der erhobenen Daten. Veranstaltungsort der jeweiligen Übungen waren die zahlreichen Exkursionen zu den potentiellen Standorten für die eine Studie in Auftrag gegeben wurde. Die Vermessung des Geländes wurde anfangs mit einem einfachen optischen Nivelliergerät durchgeführt und später durch ein Tachymeter vorgenommen. Das Gerät wurde von der Firma Leica Geosystems für das Projekt bereitgestellt und steht auch in Zukunft LEDeG zur Verfügung.

Die Abflussmessungen wurden an einem mobilen Messwehr sowie mittels Salzverdünnungsmethode unter Einsatz eines Leitfähigkeitsmessgerätes durchgeführt. Die erhobenen Daten führten nachfolgend zu den in Tabelle 4.1 aufgelisteten Studien, welche von LEDeG und der FHNW ausgearbeitet worden sind.

## Im Rahmen des Projekts verfasste Studien:

Standort	Aktivität	Art der Studie
Kumdock	Geländevermessung	Vorstudie
Schilla Wanla	Geländevermessung	Vorstudie
Hanupatta	Gelände- und Abflussmessung	Vorstudie, Machbarkeitsstudie
Bartoo	Gelände- und Abflussmessung	Vorstudie, Machbarkeitsstudie
Yarkashing Pangbar	Gelände- und Abflussmessung	Vorstudie, Machbarkeitsstudie
Thela Brock	Gelände- und Abflussmessung	Vorstudie
Khandi	Gelände- und Abflussmessung	Vorstudie, Machbarkeitsstudie

Tabelle 4.1

Der zweite Teil fokussiert auf die Umsetzung von Planunterlagen für eine Kleinwasserkraftanlage. LEDeG, die in Zukunft den Bau weiterer Kleinwasserkraftanlagen initiieren möchte, benötigen dazu das entsprechende Personal für die Bauleitung. Der Bau der Pilotanlage Bartoo bot die Möglichkeit, Baustellen Know-how von Experten der FHNW an die beteiligten Fachkräfte von LEDeG weiterzugeben. Dies beinhaltete Baustelleneinrichtung, Material und Personalmanagement sowie die Errichtung der Gebäude und Installation der technischen Geräte. Speziell im Bereich der Baustellenvermessung konnte der Umgang mit dem Tachymeter weiter vertieft werden. Desweiteren war die Herstellung und Verarbeitung von stahlbewehrtem Beton ein zentraler Punkt bei der Ausbildung, da man in vorangegangenen Projekten grosse Probleme damit hatte. Auch hier wurde LEDeG im Rahmen des Projekts mit dem notwendigen Werkzeug ausgerüstet, um Schalungswände zu erstellen und den Beton zu verdichten.

Bei den On-Job Aktivitäten konnten vier Mitarbeiter von LEDeG direkt mit den genannten Tätigkeiten konfrontiert und ausgebildet werden. Weitere 60 Arbeitskräfte wurden mit den Abläufen indirekt vertraut gemacht und sind so bei Bedarf als Hilfskräfte bei weiteren Installationen einsetzbar.

### 4.3.2 Training Workshop

Bestandteil der Kooperation zwischen BORDA, LEDeG und FHNW beinhaltet auch ein internationaler Trainingsworkshop zur Aus- und Weiterbildung von Fachkräften. Die Themenschwerpunkte umfassen Planung, Bau und Management von gemeindeverwalteten Kleinwasserkraftanlagen zur dezentralen Energieversorgung in ländlichen Gebieten. Zielgruppen waren vor allem Nichtregierungsorganisationen, die im Bereich der erneuerbaren Energien und der dezentralen Energieversorgung tätig sind. Allerdings fand das Angebot auch bei Regierungsinstitutionen und privaten Unternehmen positiven Anklang. Ziel war es die Veranstaltung in Bartoo abzuhalten, um möglichst nah bei der parallel im Bau befindlichen Anlage zu sein. Aus logistischen Gründen war dies jedoch nicht möglich. Man entschied sich deshalb die Veranstaltung im nächst grösseren Ort *Sankoo* abzuhalten. Das Training dauerte insgesamt 11 Tage und beinhaltete neben theoretischen Lektionen eine Reihe von praktischen Workshops und Exkursionen, unter anderem auch ein Besuch der Baustelle Bartoo sowie zwei weiterer von LEDeG installierter Anlagen. Insgesamt wurden von sieben internationalen Referenten zu folgenden Hauptthemen Vorträge gehalten:

- Angebot und Nachfrage
- Erstellen von Vorstudien
- Hydrologische Datenerfassung
- Hydraulische Dimensionierung von Bauwerken
- Einführung in elektronische Anlagen
- Wahl der Turbine
- Betrieb und Unterhalt

Rund ein Drittel der Vorträge wurden von der FHNW übernommen. Die extra für das Training vorbereiteten Vorlesungsunterlagen wurden anschliessend zu einem Handbuch zusammengefasst.

Aus Kapazitätsgründen konnten lediglich 20 Personen für das Training zugelassen werden, was zur Folge hatte, dass man einigen Interessenten eine Absage erteilen musste. Aufgrund der guten Resonanz und der grossen Nachfrage sieht man sich bei LEDeG und BORDA bestätigt, in dieser Form weitere Trainingsveranstaltungen anzubieten.

Im Sommer 2010 wurde ein weiteres Training angesetzt. Doch vier Wochen vor der Durchführung wurde Ladakh von grossen Unwettern heimgesucht. Allein in Leh, wo ein Teil des Trainings stattfinden sollte, gab es 150 Todesopfer und zahlreiche Bewohner verloren ihr Obdach. Zudem wurden Strassen weggespült und Brücken beschädigt. LEDeG war daraufhin mit Nothilfe beschäftigt und beschloss in Absprache mit BORDA das Training abzusagen.

Im August 2011 fand ein weiteres Training zum Thema Wasserkraftnutzung statt. Die FHNW ist nicht beteiligt, da von unserer Seite her lediglich ein Training vorgesehen war. Es freut uns aber zu sehen, was diese Zusammenarbeit ausgelöst hat. Zudem wird unser Handbuch auch als Unterrichtsgrundlage dienen.

### **4.3.3 Handbuch**

Als dritter Teil des Ausbildungsprogramms wurde ein Handbuch mit den Grundlagen zur Erfassung von hydrologischen Daten sowie die hydraulischen Bemessung von Entnahmebauwerken, Kanälen, Druckleitungen und Ausgleichsbecken zusammengestellt. Des Weiteren enthält das Buch eine Anleitung zur Erstellung einer Vorstudie. In erster Linie sind die Inhalte auf die Bedürfnisse von LEDeG zugeschnitten, wurden aber mit den Inhalten der Vorlesungen am internationalen Trainingsworkshop bereichert. Das Handbuch wird zur Verbreitung der Kleinwasserkraft eingesetzt und soll in Zukunft mit weiteren Themen ergänzt werden. Um die aufwändige Arbeit zu schützen, nimmt BORDA das Dokument mit einem Copyright in ihre Publikationsliste auf. Die Unterlagen stehen so für weitere Schulungen zur Verfügung.

Während des Baus der Pilotanlage kam das Handbuch regelmässig zum Einsatz. Planerische Fragen von Seiten der LEDeG Techniker, die bei den einzelnen Bauphasen auftauchten, konnten meist mit den Informationen aus dem Handbuch beantwortet werden. Alle für die Techniker relevanten Kapitel wurden mit ihnen durchgesprochen. Vieles konnte zusätzlich mit schriftlichen Beispielen oder direkt am Bauobjekt erläutert werden.

### **4.3.4 Schulung und Unterstützung der Nutzer**

Das durch BORDA mitfinanzierte Programm zur Förderung von Wasserkraft in Ladakh beinhaltet auch die Schulung der Nutzer. Regelmässige Vorortbesuche während des Betriebs gehören so zur Aufgabe von LEDeG. Vor allem geht es darum den Betrieb der Anlage zu kontrollieren. Doch primär werden gezielt das Betriebspersonal und das Electricity Management Committee (EMC) betreut und geschult. Auch die Dorfbevölkerung wurde so über Möglichkeiten und Gefahren im Zusammenhang mit der Nutzung von Elektrizität in Kenntnis gesetzt.

Januar 2010: In der ersten Schulung nach der Inbetriebnahme lag der Schwerpunkt bei der Überprüfung der Verantwortlichkeiten des EMC. Das Tarifsystem wurde definitiv festgelegt und aufgezeigt wie die Buchführung auszusehen hat. Ebenso lag der Themenschwerpunkt bei der Wartung und beim Unterhalt der Kraftwerksanlage. Das Betriebspersonal wurde wiederum an der Anlage instruiert.

Januar 2011: Nach einem Jahr Betriebszeit fand ein weiterer Kontrollbesuch mit integriertem Training statt. Die Erfahrung zeigte, dass die Tarife angepasst werden mussten. Das Vorgehen bei

Wartungsarbeiten und bei der Bestellung von Ersatzteilen wurde besprochen. Auch konnte bei diesem Besuch festgestellt werden, dass eine Druckrohrverbindung mit Dehnfunktion undicht ist und ausgewechselt werden muss. LEDeG vereinbarte mit dem EMC die Kosten vorzustrecken. Das Betriebspersonal wurde mit neuem Werkzeug für den Unterhalt ausgerüstet.

Weitere derartige Kontrollbesuche sind in der Jahresstruktur von LEDeG eingeplant.

## 4.4 Bau einer weiteren Anlagen

Das Projektpaket beinhaltet die Bereitstellung von technischen Grundlagen für den Bau einer weiteren Kleinwasserkraftanlage. Die FHNW führte diesbezüglich Machbarkeitsstudien durch. Zwei Studenten konnten unter der Anleitung von Prof. Dr. Peter Gonsowski ihre Bachelorarbeit in Ladakh anfertigen. Nach der Besichtigung von vier möglichen Standorten im Raum Kargil wurden nach einer Wirtschaftlichkeitsprüfung zwei vielversprechende Standorte ausgewählt, welche wie erwähnt detailliert ausgearbeitet wurden. Die Techniker von LEDeG konnten in Zusammenarbeit mit unseren Studenten Abflussmessungen erheben und die zukünftigen Standorte der einzelnen Bauwerke vermessen. Daraus entstand umfangreiches Planmaterial, welches für den Bau der nächsten Anlage dienen wird. Die Umsetzung und Finanzierung dieser Anlagen liegt in der Verantwortung von LEDeG.

### 4.4.1 Projekt

LEDeG will stufenweise ein ganzes Tal elektrifizieren. Dies geschieht weiterhin mit autonom arbeitenden Kleinwasserkraftanlagen. Das heisst, je nach Grösse, Distanzen und Wasserdargebot werden ein bis maximal drei Dörfer an eine Anlage angeschlossen. Doch ist neu das Ziel alle Kraftwerke mit einander zu verbinden. Somit würde ein kleines Stromnetz aufgebaut, welches die Stromversorgung sicherer vor Ausfällen machen würde. Das heisst, wenn eine Anlage gewartet werden muss oder auf Grund von fehlenden Ersatzteilen einige Zeit stillsteht, verfügt die betroffene Nutzergruppe weiterhin über eine Grundversorgung mit Elektrizität. So könnten auch abgelegene Weiler oder einzeln stehende Häuser mit Strom versorgt werden.

Auch Bartoo bzw. die Pilotanlage liegt in diesem Tal und würde an das Stromnetz angeschlossen. Das ist auch ein Grund, weshalb dieser Standort von den Projektpartnern favorisiert wurde.

### 4.4.2 Finanzierung

Bei diesem Projektabschnitt hat LEDeG die Leitung und ist für die Realisierung zuständig. Nach intensiver Vorarbeit konnte Mitte 2010 der Lokalregierung ein Projekt für die Elektrifizierung eines ganzen Tals vorgelegt werden. Die Regierung zeigt sich sehr interessiert dieses Projekt zu unterstützen, insofern Gelder für derartige Projekte vorhanden sind. Der Indische Staat investiert derzeit viel in die Elektrifizierung des ganzen Landes, auch in Randregionen.

Da es sich um ein relativ grosses Gesamtprojekt handelt und es personelle Wechsel in der Führung von LEDeG gab, sind die Verhandlungen noch nicht abgeschlossen. Bei einem positiven Abschluss in diesem Jahr könnte mit dem Bau der ersten Anlage Mitte 2012 gestartet werden. Leider hat sich so der Bau einer zweiten Anlage verzögert. Doch die Idee, dass plötzlich die Lokalregierung derartige Projekte finanzieren kann, ist im Kontext der Entwicklungshilfe ein riesen Fortschritt.

Parallel zu diesen Verhandlungen konnte das Ministerium für neue und erneuerbare Energien (Ministry of New and Renewable Energy, MNRE) für die Finanzierung eines Upgrades einer bestehenden Anlage gewonnen werden. Es handelt sich dabei um eines der Projekte, welches von Studenten der FHNW im Rahmen ihrer Bachelor-Thesis ausgearbeitet und zur Verfügung gestellt wurde. Die Bauarbeiten sind für den Sommer/Herbst 2011 angesetzt.

#### **4.4.3 Umsetzung Sommer 2011**

Das durch MNER finanzierte Upgrade ist mit einem Neubau gleich zu setzen. Lediglich der bestehende Kanal wird genutzt. Der Standort der Druckleitung wird zu Gunsten einer grösseren Fallhöhe versetzt. Somit müssen auch alle Bauwerke neu erstellt werden. Die beiden Dörfer Yarkashing und Pangbar erhalten so neu eine 16-kW-Anlage. Bislang mussten die Bewohner der 57 Häuser mit 5 kW auskommen, was knapp für die Beleuchtung während den Abendstunden ausreicht.

Die technische und soziale Machbarkeitsstudie für dieses Kraftwerk wurde bereits 2009 von der FHNW verfasst. Somit stehen den Technikern von LEDeG die Grundlagen für den Bau der Anlage zur Verfügung. Die Dimensionen der Bauwerke und die technischen Angaben für die Bestellung einer passenden Turbine sind auch definiert. Die Pilotanlage von Bartoo steht nur ungefähr 5 km flussabwärts. Somit kann während des Baus der Anlage in Yarkashing/Pangbar die Pilotanlage als Anschauungsbeispiel genutzt werden. Auch das Handbuch sowie adäquates Inventar und das Messinstrument stehen zur Verfügung.

### **5 Anlage Bartoo, Betrieb nach einem Jahr**

Die Anlage in Bartoo läuft nun seit gut eineinhalb Jahren und produziert seitdem regelmässig Elektrizität. Diese wird momentan ausschliesslich zur Beleuchtung des Wohnraums genutzt. Die Bevölkerung sieht den Vorteil und so sind Bestrebungen im Gange, Gelder für grössere Maschinen (z.B. Getreidemühlen) aufzutreiben.

Da die Anlage technisch möglichst einfach gehalten ist, können wir nicht auf digital aufgezeichnete Stromproduktionswerte zurückgreifen und besitzen lediglich Daten, die vom Maschinenwart schriftlich festgehalten wurden. Diese sind leider nicht sehr repräsentativ, da es nicht möglich war, der mit dieser Aufgabe betrauten Person die Bedeutung dieser Daten zu vermitteln. Somit finden wir im Bordbuch stellenweise über Wochen die gleichen Werte. Mit diesen Grundlagen ist es schwierig sich ein Bild über die gesamte Stromproduktion zu machen. Da die Bevölkerung in dieser Gegend sehr zurückgezogen lebt und äussere Einflüsse nur sehr langsam von der landwirtschaftlich geprägten Gemeinschaft angenommen werden, kann leider nicht erwartet werden, dass ein Bauer, der die Anlage betreut, plötzlich ein Bordbuch exakt ausfüllen kann.

Bezüglich vorhandener Daten erreicht das Kleinwasserkraftwerk zurzeit im Schnitt gut ein Drittel der projektierten Leistung. Dies ist darauf zurückzuführen, dass im Bereich der Wasserefassung zusätzliche Massnahmen getroffen werden müssen, damit mehr Wasser in den Kanal gelangen kann und so der Stromproduktion zur Verfügung steht. Diese werden noch in diesem Jahr unter der Leitung von LEDeG angepasst. Auch muss davon ausgegangen werden, dass der Wirkungsgrad der Turbine geringer ist als angenommen, da die Ausführungsdetails der gelieferten Turbine nicht genau dem entsprechen, was effektiv bestellt wurde.

### **6 Erschwernisse bei der Projektumsetzung**

Bei der Umsetzung des Gesamtprojets war die Distanz zwischen Indien und der Schweiz hinsichtlich der Kommunikation ein Erschwernis. Dadurch fehlten die Möglichkeiten direkt projektspezifische Punkte zu besprechen. Dies brauchte viel Zeit und Geduld. Auch die Auffassung von LEDeG wie ein derartiges Projekt abgewickelt werden sollte, deckte sich nur teilweise mit unseren Vorstellungen. Dieser Umstand ergab in der effektiven Umsetzung des Projektes einige Zeitverzögerungen, welche nur schwer wieder einzuholen waren. Aus Kostengründen war es für die FHNW nicht möglich in der Vorbereitungsphase der Bauarbeiten einen Mitarbeiter in Ladakh einzusetzen.

Ein Problem mit dem wir während der Umsetzung des Projekts konfrontiert waren, lag im häufigen Wechsel bei den Projektleitern von LEDeG. Man musste so immer wieder die Kontakte neu aufbauen und seinen neuen Ansprechpartner quasi auf Distanz einarbeiten, ohne dass man sich bereits begegnet ist. Abmachungen, planerische Eckpunkte und dergleichen mussten wieder neu definiert werden. Das brauchte Zeit und gewisse Aufgaben wurden nicht mehr so ausgeführt wie geplant. Zu Beginn des Projekts arbeitete ein holländischer Elektroingenieur für LEDeG, so war die Kommunikation relativ einfach, weil ähnliche Vorstellungen vom Projekt und auch ein fundiertes, technisches Verständnis vorhanden waren. Während der Projektabwicklung kündigte dieser seine Anstellung. Er blieb dem Bauprojekt aber als technischer Berater erhalten und kontrollierte die elektrischen Bauteile.

Auch gab es einen Wechsel in der Führung von LEDeG. Die Leitung der Organisation wechselte kurz bevor 2009 mit dem Bau des Kleinwasserkraftwerks begonnen wurde. Die Kontinuität, die ein derartiges Projekt in einem solchen Umfeld braucht, war so nur teilweise gewährleistet.

Diese Unstetigkeit in der Führung verzögerte auch den Bau einer geplanten zweiten Anlage im Jahre 2010, wie dies im Projektantrag beschrieben ist. LEDeG ist vollumfänglich für die Finanzierung und die Umsetzung zuständig. Die FHNW steuert bei diesem Projektteil lediglich die Grundlagen bei. Diese in Form von detaillierten Projektstudien die im Sommer 2009 von Diplomanden des Instituts Bauingenieurwesens ausgearbeitet wurden. Die FHNW hat somit diesbezüglich ihren Anteil geleistet.

## 7 Beurteilung und Diskussion

Der Bau von gemeindeverwalteten Kleinwasserkraftanlagen ist der richtige Ansatz, um die ländliche Elektrifizierung voranzutreiben und für Ladakh eine gute Lösung. Ladakh bringt aber was die topografischen und klimatischen Randbedingungen betrifft, nicht die einfachsten Voraussetzungen für dessen Umsetzung mit. Zum einen sind die harschen, mitunter schneereichen Winter mit Temperaturen bis unter  $-20\text{ °C}$  problematisch, zum anderen ist die Logistik abhängig vom Zustand der Strassen und der jahreszeitlichen Einflüsse, was bedeutet, dass die Pässe bis zu 6 Monate nicht befahrbar sind. Des Weiteren mangelt es in der dünnbesiedelte Region an geeigneten Fachkräften und entsprechenden technischen Werkstätten. Trotz der nachteiligen Umstände trifft man auf eine souveräne und optimistische Bevölkerung, welche keine Opfer scheut ein solches Projekt in die Tat umzusetzen. Dies belegen die Erfahrungen, die wir beim Bau der Pilotanlage in Bartoo machen durften.

Natürlich ist der Erfolg einer solchen Anlage von vielen Parametern abhängig, was eine generelle Beurteilung erschwert. In der Geschichte von LEDeG, die in den vergangenen 18 Jahren an die 60 Anlagen gebaut haben, gibt es verschiedenste Gründe für Projekterfolge und Misserfolge. In einer internen Studie (2005-2006) wurden diese gesammelt und ausgewertet. Es zeigte sich, dass sich unter anderem

- technische Probleme,
- Mangel finanzieller Mittel zur Reparatur,
- Wasserdargebot,
- und ineffiziente Überwachung der Anlage

als Hauptursachen für einen Misserfolg der Projekte erwiesen. Dies deckt sich zum grössten Teil mit den Beobachtungen, die von Seiten der FHNW gemacht worden sind, bringt aber nicht ans Tageslicht, dass die Anlagen zum grössten Teil fehldimensioniert worden sind. Dies ist darauf zurückzuführen, dass man sich weniger mit den technischen Details als mit der Umsetzung an sich auseinandergesetzt hatte. Grundsätzlich nimmt aber die Komplexität einer Anlage mit der zu installierenden Leistung zu, was bedeutet, dass man durchaus Pikoanlagen erfolgreich ohne detaillierte hydrologische und hydromechanische Grundkenntnisse bauen kann. Da der steigende Strombedarf nach grösseren Leistungen verlangte, sah sich auch LEDeG gezwungen diese zu realisieren, unterschätzte jedoch die damit verbundene Herausforderung. Dies wurde deutlich als LEDeG 2007-2008 eine 30-kW-Anlage in Udmaro (Nubra Valley) in Betrieb genommen hatte. Dort zeigte sich, dass die Umsetzung der von

LEDeG projektierten Anlage keine befriedigenden Resultate lieferte, was aufgrund des fehlenden Fachwissens auch nicht verwunderlich war. Man erkannte, dass eine Kooperation mit einer technischen Universität oder Fachhochschule die Lücke in den defizitären Bereichen schliessen könnte, was letztendlich zu dem oben beschriebenen Projekt führte. So soll nicht nur ein Nutzen für die Gemeinde entstehen, in der die Pilotanlage installiert ist, sondern vor allem kompetentes Personal bei LEDeG aufgebaut werden, welche in Zukunft fähig ist den Bau von Kleinwasserkraftanlagen durchzuführen oder zu mindestens in einem professionellen Rahmen zu betreuen.

Im Laufe des Projekts wurde das Ausmass an fehlender Fachkompetenz bei LEDeG noch offensichtlicher, das durch einen Wechsel des Managements und den Verlust langjähriger Mitarbeiter noch verstärkt wurde. Der Aufbau von qualifiziertem Personal hatte somit an Priorität gewonnen. Um eine nachhaltige Projektabwicklung zu garantieren, wird es in Zukunft zwei Kompetenzträger geben müssen. Einen auf der Projektmanagementseite, welcher alle politischen und sozio-ökonomischen Aspekte abdeckt und einen auf der technischen Seite, welcher die technischen Aspekte abdeckt. Es zeigte sich, dass es ausserordentlich schwer ist geeignete Fachkräfte im technischen Bereich für eine NGO in Ladakh zu gewinnen. Da Indien mit seinem grossen Wachstum den Arbeitsmarkt in diesem Bereich leergefegt hat und die Gehälter dementsprechend hoch sind. Alternativ oder als Übergangslösung können die Ingenieursleistungen an Dritte weitergegeben werden wie sie in diesem Projekt von der FHNW abgedeckt wurden. Dies ist der neuen Organisationsleitung bewusst und sie wird die Entwicklung in diese Richtung weiter verfolgen.

Ein weiteres Problem ist mit der Lieferung der elektromechanischen Komponenten verbunden. Es ist derzeit ausgesprochen schwierig einen zuverlässigen Lieferanten für Kleinturbinen zu bekommen. In unserem Fall ging der Auftrag an eine Firma in Delhi, die wiederum hat einen Teil der Produkte nach Nepal in Auftrag geben müssen. Dadurch entstehen grosse Distanzen welche Unzulänglichkeiten nach sich ziehen. In unserem Fall verursachte dies eine Lieferungsverzögerung von mehr als 2.5 Monaten. Des Weiteren wurde die bestellte Ware nicht in der vereinbarten Qualität geliefert. Dies hat die Diskussion ausgelöst in Zukunft andere Wege zu gehen und LEDeG erwägt gegebenenfalls eine eigene Importlizenz zu erwerben, um sich von der Abhängigkeit der Lieferanten zu lösen. Auch der Kontakt zur Firma PT Entec mit Sitz in Indonesien, bei der ein ehemaliger Mitarbeiter von LEDeG arbeitet, könnte in Zukunft von Vorteil sein, wenn es um Turbinen für Kleinwasserkraftanlagen geht. Grundsätzlich wird auch die Ausbildungsveranstaltung mit BORDA als eine Art Plattform für Austausch, Erfahrungen und Networking dienen.



## 8 Ausblick

Das während des Projektverlaufs angeeignete Wissen und der Bau der Pilotanlage erschliesst LEDeG den Zugang zu neuen Geldgebern. Die Lokalregierung wurde aufmerksam auf die durch LEDeG angebotenen Dienstleistungen. Selbst das Ministerium für neue und erneuerbare Energie verspricht 2011 das erste Mal finanzielle Mittel für ein Upgrade einzusetzen. Eine Chance für LEDeG so an Folgeprojekte zu gelangen, die durch den Staat finanziert werden. LEDeG hat somit eine gute Ausgangslage für die regelmässige Finanzierung von Wasserkraftanlagen in den nächsten Jahren.

Aufgrund der guten Resonanz des ersten 11-tägigen Trainings zum Thema Wasserkraftnutzung, wird LEDeG in Zusammenarbeit mit BORDA in diesem Jahr eine weitere derartige Veranstaltung organisieren. Die Fachhochschule Nordwestschweiz hat das erste Training mit initiiert und wird bei der Neuauflage nicht aktiv teilnehmen. Hingegen wird das von der FHNW erarbeitete Handbuch bei der Schulung zum Einsatz kommen.

Mit dem von Seiten der FHNW verfassten Handbuch verfügt LEDeG über organisierte Grundlagen zur Projektierung von Folgeprojekten.

LEDeG verfügt über drei weitere Machbarkeitsstudien und über drei Vorstudien von möglichen Projektstandorten, welche von unserer Seite her ausgearbeitet wurden. Mit diesen Unterlagen können weitere Geldgeber akquiriert werden.

In einem weiteren Schritt soll die Machbarkeit eines lokalen Stromnetzes untersucht werden, welches verschiedene Dörfer und deren Kleinwasserkraftwerke verbindet. Diese angestrebte Zusammenarbeit mit der Lokalregierung ist nicht Teil unseres Projekts.

Aufgrund der interessanten Erfahrungen mit diesem Auslandprojekt wird es das Institut Bauingenieurwesen der Fachhochschule Nordwestschweiz seinen Studierenden weiterhin ermöglichen ihre Bachelorarbeiten bei Bedarf im Ausland anzufertigen. Im Sommer 2011 fertigen zwei Studierende ihre Bachelorarbeiten im Fachgebiet Deponiebau in Indien an.

## 9 Bilder zur Dokumentation



Abbildung 4 Schulung am Tachymeter



Abbildung 5 Betonierarbeiten am Turbinenfundament



Abbildung 6 Armieren des unteren Festlagers



Abbildung 7 Montage der Druckleitung



Abbildung 8 Betonierarbeiten eines Festlagers



Abbildung 9 Turbinenfundation vor der Errichtung des Maschinenhauses



Abbildung 10 Schulung während der internationalen Fortbildungsveranstaltung



Abbildung 11 Durchflussmessung zu Trainingszwecken



Abbildung 12 Schulungseinheit während der internationalen Fortbildungsveranstaltung



Abbildung 13 Druckleitungsmontage



Abbildung 14 Ausgleichsbecken



Abbildung 15 Maschinenhaus nach lokaler Bauweise



Abbildung 16 Turbine ohne Laufrad



Abbildung 17 Schulung des Maschinenwerts

## **10 Dank**

Für das entgegengebrachte Vertrauen danken wir den an der REPIC-Plattform mitwirkenden Akteuren sowie Herrn Dr. Stefan Nowak von der NET Nowak Energie & Technologie AG und seinen Mitarbeiterinnen für die kompetente Projektabwicklung.

Prof. Dr.-Ing. Peter Gonsowski

Christian Ardüser, dipl. Bauing. FH

Leif Karcheter, dipl. Bauing. FH

## 11 Finanzen

Siehe Beilage (Vertraulich)

## 12 Zusätzliche Dokumente

- Handbuch
- Machbarkeitsstudien: Bartoo (Bartu), Hanupatta, Khandi, Yarkashing und Theal-Brok
- Installation Report

## 13 Abkürzungsverzeichnis

LEDeG	Ladakh Ecological Development Group (Lokal- und Hauptpartner der FHNW)
BORDA	Bremen Overseas Research and Development Association
CDD	Consortium for DEWATS Dissemination
DEWATS	Decentralised Wastewater Treatment Systems
Entec AG	Schweizer Firma im Bereich Wasserkraft
EMC	Electricity Management Committee
REPIC	Renewable Energy & Energy Efficiency Promotion in International Co-operation
FHNW	Fachhochschule Nordwestschweiz
MNRE	Ministry of New and Renewable Energy



# 13.1 Karte von Ladakh

## Kashmir Region

