

Vorhabensbeschreibung

1. Einleitung

Das Projekt führt uns zur geographischen Breite 0°. Im ecuadorianischen Regenwald nahe der Grenze zu Peru sollen zwei Dörfer der Achuar- und der Shuar-Indianer an die Zivilisation angebunden werden, ohne dabei in die Selbstbestimmung der Bewohner oder die Ökologie des Regenwaldes einzugreifen. Die Dörfer werden durch zahlreiche Interessengruppen bedroht, da große Vorkommen an Ressourcen in der Region vermutet werden. Die ecuadorianische Regierung steht als Entscheidungsträger im Zentrum des Interessenkonfliktes zwischen wirtschaftlicher Ausbeutung beziehungsweise Nutzung des Waldes und dem Schutz der Region, jedoch „unterläuft der Staat die Selbstbestimmungs- und Landrechte der Völker“ [23] immer wieder. Es besteht die akute Gefahr, dass von ihr den Holzfällern und Ölfirmen die Nutzungsrechte zugesprochen werden, sodass eine nicht wieder rückgängig zu machende Entwicklung der Zerstörung eingeleitet würde.



Abbildung 1: zu Sehen ist die Zielregion des Projekts vom Flugzeug aus

2. Maßnahmen und Entwicklung der Region

Um diese Entwicklung zu stoppen, haben Initiativen und Verbände zusammen mit der Hochschule München ein Projekt ins Leben gerufen, das es diesen Stämmen ermöglichen soll mit einer gezielten Art von Wissenschaftstourismus Geld zu verdienen und ihnen den Anschluss an die moderne Welt zu gewährleisten: über die Infrastruktur von Wasser, Kommunikation über das Internet und damit auch Strom. Somit wird den Shuar und Achuar der Zugang zu Information gegeben, die sie benötigen um im Interessenskonflikt nicht nur der Spielball gewichtigerer Mächte zu werden. „Nur so können [sie sich] gegen die Ölfirmen, die Holzgesellschaften und vor dem Staat behaupten“ [23] Das schließt auch die Gründung einer 'Regenwald-Akademie' mit ein. „Leitungswasser, Strom und jüngst sogar Internetanschluss wurden unter Anleitung von den Achuar selbst installiert, Landwirtschaft, Handwerk, Gesundheits- und Hygienemaßnahmen gelehrt.“

Einige Indianer sind von einem Studium abseits des Regenwaldes zurückgekehrt und wollen sich nun



Abbildung 2: Achuar-Indianer in Sharamentsa mit ihren selbst installierten Solarzellen

aktiv einbringen, um das ihnen zugewiesene Land und den Süßwasserspeicher Regenwald zu beschützen- Sie sehen sich dabei selbst in der Rolle der „Hüter des Waldes“. Da der Regenwald an dieser Stelle der Erde zu einem der bis jetzt noch intaktesten Ökosysteme der Welt zählt ist er als besonders schützenswert zu erachten. Bis jetzt war die Region militärisches Sperrgebiet seit den Grenzkonflikten mit Peru im Jahre 1941. Dies ist auch der Grund, weshalb die Natur bis heute weitestgehend unberührt blieb. Um diesen Zustand zu erhalten, wird die Gründung eines Nationalparks angestrebt.

3. Aufgaben in der Region

Das Modell der Regenwald-Akademie und die Verbesserung der Lebensbedingungen und Infrastruktur werden von wenigen Pionier-Dörfern eines ganzen Clusters beispielhaft umgesetzt. Sie dienen als Vorbild für die Stämme der Region, die als gemeinsames Ziel ihre Entwicklung zurück zu ihren Wurzeln und hin zu einem Leben fern von Mangel und Bevormundung anstreben. Bereits im vergangenen Jahr besuchten Studenten unterschiedlicher Fachrichtungen der Hochschule München die Dörfer der Stämme, um dort an der Planung der Regenwald-Akademie mitzuwirken. Die Umsetzung steht unmittelbar bevor bzw. hat bereits begonnen.

Ziel der helfenden Kräfte ist eine sanfte Entwicklung voranzubringen, die die kulturellen Eigenheiten der Stämme berücksichtigt. Vorbildlich und nachhaltig soll auch die Entwicklung in versorgungstechnischer Hinsicht sein, damit die Umwelt geschont wird. Im Dorf Yuwientsa, das auch Teil des Clusters ist, besteht aktuell ein konkreter Bedarf für Stromversorgung, Trinkwasserversorgung, Abwasserreinigung und Wohnraum für die Besucher. Auch hier strebt man ein Konzept der regenerativen Energieversorgung aus ökologischen Gründen an. Ein Beispiel für die nachhaltige Planung ist bis jetzt nur ein Dorf mit dem Namen Sharamentsa, wo die Versorgung der Kühlschränke und Lichter mit Strom ausschließlich über Solarzellen gewährleistet wird. Natürlich stellen die Wasser- und Stromversorgung nur einen kleinen Teil einer ganzheitlichen Entwicklungsarbeit dar, sind aber die Grundlage für weiter darauf aufbauende Schritte.

4. Mögliche Energiequellen im Dorf Yuwientsa

Der Bedarf an Strom in Yuwientsa soll in naher Zukunft mit regenerativen Energien gedeckt werden. Welche Quelle regenerativer Energie dafür am ehesten geeignet ist, ob Biomasse, Wind, Wasser oder Sonne, sollte vorher abgewogen werden. In einer Vorauswahl stehen folgende Möglichkeiten:

- a) Biomasse: Zunächst bräuchte man einen großen Biogasfermenter in einer Anlage, die hohe Kosten verursacht. Außerdem entspräche die Nutzung von Biomasse nicht dem Konzept der Nachhaltigkeit, da der Austrag aus dem Ökosystem dem Ziel seines Schutzes und seiner Selbstregulation entgegenwirken würde. Es soll um jeden Preis vermieden werden, dass der Regenwald zur energetischen Bedarfsdeckung angegriffen wird. Damit steigt der Aufwand der Suche nach geeigneter Biomasse (vgl. [1]).
- b) Wind: Ein Windgenerator bietet sich als Alternative eher an. Er ist wartungsarm, hat einen hohen Erntefaktor von ca. 20, müsste jedoch im Ausland gekauft und importiert werden. Die Nutzung von Windenergie ist außerdem an diesem Standpunkt unrentabel, da die Windkraftanlage weit über die Wipfel der Urwald-Riesen hinausragen müsste und eventuell die Tierwelt, besonders die artenreiche Vogelwelt in ihrer ungestörten Entwicklung beeinflussen würde (vgl. [1; 2; 26]).
- c) Solar: Wie in Sharamentsa ist eine Versorgung mit Photovoltaik denkbar aber nicht sinnvoll. Durch die Module entstehen hohe Kosten. Sie müssen eingeflogen werden, da sie nicht aus dem Land kommen, bei Ausfall oder Wartungsarbeiten können Probleme entstehen, da sie nicht vor Ort erledigt werden können. Auch die hohe energetische Amortisationszeit spricht gegen Solarkollektoren, da bei ihrer Erzeugung ebenso ein beträchtlicher Energieaufwand nötig ist und somit CO₂ freigesetzt wird. Weiterhin hat diese Art der Energiegewinnung nur einen Erntefaktor von ca. 1. Als wichtigster Grund erscheint uns jedoch die Tatsache, dass die Sonne nur tagsüber scheint und damit ein sehr großer Speicher in Form von Batterien eingebracht werden muss, die u.a. auch giftige Stoffe in das Ökosystem einbringt. Besonders nach der Verwendung entsteht Sondermüll, der um jeden Preis vermieden werden sollte (vgl. [1; 2]).

- d) Wasserkraft: Durch die Nähe zu den Anden existieren in der Nähe des Dorfes mehrere Flüsse, die anhand ihrer Fließbedingungen Potential für die Versorgung mit Wasserkraft bieten und regelmäßig Wasser führen. So liegt die Idee nahe, eine Stromversorgung mit Wasserkraft aufzubauen. Die Technik von Wasserkraftanlagen hat einen „hohen Reifegrad erreicht“ (vgl. [1; 3]) und einen Erntefaktor von ca. 40. [2]
 Eine Kleinwasserkraftanlage in Yuwienta könnte im Anschluss an die Machbarkeitsstudie mit verschiedenen Mitteln realisiert werden. Eine Anlage soll unter Einbeziehung der Akademie vor Ort gebaut werden, sodass das Know-How, Wartungsarbeiten und Material lokal in der Region anzutreffen sind.

5. Energieerzeugung mit Hilfe von Wasserkraft

In der Nähe des Dorfes Yuwienta gibt es laut den Einwohnern die beiden Flüsse Kusutka und Kaank, die sich für den Einsatz einer Kleinwasserkraftanlage eignen. Ihre geschätzten Abflusskennzahlen sind im Anhang 4 zu finden. Die kurzen Distanzen zum Dorf, wie aus nebenstehender Karte von Vermessern der Hochschule München erkennbar, ermöglichen kurze Stromleitungswege und damit kleine Verluste (vgl. [5; 13]).

5.1. Herangehensweise

Um abzuschätzen, ob eine Kleinwasserkraftanlage realisierbar ist oder nicht, müssen zunächst gewisse Arbeitsschritte durchlaufen werden, die in einem Ablaufplan vorab strukturiert wurden (siehe Anlage 1). Neben den Vorstudien zu diesem Projekt existiert die Thematik bereits schon länger am Lehrstuhl für Hydromechanik an der TU München wie im Anhang belegt ist z.B. in Form der Machbarkeitsstudie „Eine einfache Durchströmturbine im kW-Bereich“ (vgl. [24]).

5.2. Zielsetzungen

Auf Basis dieser Vorarbeiten ist es ein vorrangiges Ziel, eine Lösung zu finden, die genau auf den vorhandenen Bedarf abgestimmt ist (vgl. [11]). Zudem ist es besonders wichtig, folgende Forderungen einer nachhaltigen Erschließung zu berücksichtigen:

- Minimierung des ökologischen Eingriffs
- Zuverlässigkeit und geringer Wartungsaufwand
- nach Möglichkeit Konstruktion und auch Wartung mit vorhandenen Mitteln
- keine Schaffung von Abhängigkeit im Hinblick auf z.B. Ersatzteile / technisches Know-How
- Optimierung der Leistung bzw. des elektrischen Ertrags
- Minimierung der Kosten



Abbildung 3: Lageplan von Yuwienta, der Flugpiste und dem Fluss Kusutka

5.3. Technische Grundlagen

Als Teilaspekt der Vorstudie wurden alle gängigen Wasserkraft-Turbinenarten in einer Entscheidungsmatrix zusammengetragen (siehe Anhang 2).

Um diese Auswahl im Vorfeld etwas einzugrenzen, erschien es sinnvoll, aus der Fülle an Realisierungsmöglichkeiten eine Vorauswahl zu treffen. Diese bezieht sich auf die Strömungs- und Einsatzverhältnisse, wie sie vor Ort vermutet werden. Die geschätzten Durchflüsse Q aus den Angaben der Anwohner sind bereits in der Grafik in Anhang 5 farblich markiert.

Folgende Turbinen-Typen können deshalb bereits ausgeschlossen werden:

Francis- und Pelton-Turbinen (sowie auch Klappenlaufrad- und Löffelrad-Turbinen) fallen aufgrund hoher erforderlicher Fallhöhen weg. Zudem sind der bauliche Aufwand und die Materialanforderungen unverhältnismäßig groß (vgl. [2]).

Very Low Head (VLH) Turbinen kommen aufgrund der Dimensionierung nicht in Frage (vgl. [2]).

Bei der Matrixturbine gilt es noch zu prüfen, ob diese auch für kleinere Anlagengrößen geeignet sind. Ansonsten ist der Bauaufwand, der außerdem einen nicht unerheblichen ökologischen Eingriff darstellt, ein Ausschlusskriterium (vgl. [2]).

Turbine	Ökologie	Kosten	Leistung	Bauaufwand / Größe	Standort
Kaplan-Turbine	0	-	+	0	0
Ossberger-Turbine	0	0	-	0	0
Hubflügelgenerator	+	0	-	+	+
Wasserkraftschnecke	+	-	0	-	0
Wasserrad (versch. Ausführungen)	+	+	0	+	+

Tabelle 1: Turbinen-Bewertung; 0 = Vor- und Nachteile, + = gut, - = weniger gut

Wie man sieht ist die Auswahl (vgl. [2; 6; 9; 16]) sehr einfach gehalten und auf ein Minimum reduziert. Die genauere Auswahl, z.B. welcher Typ von Wasserrad (Ober-/Mittel-/Unterschlächtig oder Turas-Rad) zu wählen ist bleibt noch bis zu genaueren Untersuchungen offen. Letztendlich wird die Kleinwasserkraftanlage einen Kompromiss darstellen.

In nebenstehender Photographie sieht man das Modell einer Wasserkraftschnecke, welches im Zuge einer Diplomarbeit am Lehrstuhl für Hydromechanik erstellt wurde. Teile dieser Arbeit werden als Grundlage zur genaueren Abwägung der Einsatzalternativen herangezogen.

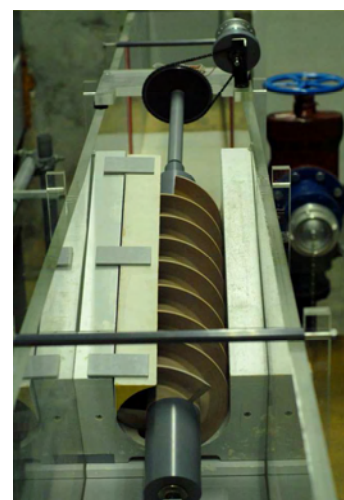


Abbildung 4: Wasserkraftschnecke in der Versuchsanlage der TUM

5.4. Planung der Wasserkraftanlage

Als Grundlage für diese Vorauswahl dienten bis jetzt vereinzelte Photographien und subjektive Abschätzungen; vorhandenen Flüsse und Standorte konnten noch nicht unter technisch-wissenschaftlichen Aspekten beurteilt werden.

Eine finale Auswahl ist demnach erst möglich, wenn eine fundierte Datengrundlage vorliegt. Aus diesem Grund besteht die unbedingte Notwendigkeit, dass vor Ort Untersuchungen und Messungen durchgeführt werden. Folgende Vorgänge und Fragestellungen können nur unmittelbar vor Ort analysiert werden:

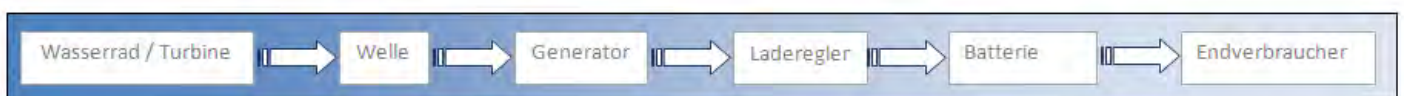
- Untersuchung der hydrologischen/ hydraulischen Randbedingungen
- Begehung möglicher Standorte: Zuordnung der geeigneten Anlagentypen zu passenden Standorten
- Vermessung der Umgebung
- Vorplanung der Realisierung vor Ort
- Untersuchung möglicher Bau-Materialien, Mitnahme von Material-Proben
- Abschätzung des ökologischen Eingriffes (Einfluss auf Flora und Fauna, Vorkommen von Flora und Fauna, Optimierung und Minimierung des baulichen Eingriffes)
- Hochwasser-Sicherung
- Rücksprache und Einbeziehung der Bewohner

Wie eine Untersuchung vor Ort aussehen könnte, wurde bereits in einem Vor-Ort-Ablaufplan erarbeitet (siehe Anhang 3).

6. Ausblick

6.1. Konzeption

Ein wichtiges Anliegen ist es dabei, eine optimal auf die Bedürfnisse der Dorfbewohner angepasste Lösung zur Deckung ihres Energiebedarfs zu entwickeln. Diese sollte möglichst einfach aber zielführend umgesetzt werden. Hierbei ist es wichtig, die Anlage als Gesamtkonzept zu realisieren, welches zudem folgende Teile beinhalten wird (vgl. [4]):



Die Idee ist, durch genaue Messungen vor Ort und anschließenden hydromechanischen Versuchen und Strömungssimulationen an den Versuchsständen der TU München eine Lösung zu finden, welche die Aspekte Ökologie, Nachhaltigkeit und Leistungsoptimierung vereint.

6.2 Ziele der Studie

Ergebnis dieser Arbeit wird eine umfassende Machbarkeitsstudie sein, die Empfehlungen und Hinweise für den Bau und die Umsetzung des Vorhabens beinhalten wird. Es sollen sowohl der Vorschlag eines Bauplans und Berechnungen der Strömungssituationen entstehen als auch Vorlagen zur Verbreitung unserer Ansätze geschaffen werden, z.B. in Form von Schulungen an der Dorf-Akademie. Desweiteren ist die Einbindung der Dorfgemeinschaft in das Vorhaben ein besonderes Anliegen.

7. Schluss

Diese Studie könnte als Vorlage für die Durchführung ähnlicher Projekte dienen. In benachbarten Dörfern dieser Region wäre ein ähnlicher Einsatz von Wasserkraftanlagen durchaus denkbar, die Reproduzierbarkeit muss aber erst im Einzelfall untersucht werden. Als Schulungsobjekt ist die Wasserkraftanlage aber auf jeden Fall ein Multiplikator. Schließlich soll keine einseitige Abhängigkeit geschaffen werden sondern „Hilfe zur Selbsthilfe“ im Sinne der Nachhaltigkeit geleistet werden. Als Basis einer eigenständigen Entwicklung soll die Wasserkraftanlage von den Shuar und Achuar selbst gebaut werden, nur Bauteile wie Generatoren werden gekauft, der Fremdanteil an Material und Know-How auf ein Minimum reduziert, Schemata der wissenschaftlichen Gesetze im Rahmen dieser Studie herausgearbeitet und dem Problem entsprechend vereinfacht.

Das Projekt und die Akademie sollen den Einwohnern Perspektiven bieten. So können sie in ihrer gewohnten und natürlichen Umgebung bleiben und ihre Traditionen bewahren, unterstützt durch moderne Technik.















Ablaufplan

"Machbarkeitsstudie zur Errichtung einer Wasserkraftanlage zur elektrischen Versorgung (eines Dorfes) in einem Entwicklungsland"

1. Literaturrecherche (Bibliothek, Internet, Texte)
 - a. Allgemeine Grundlagen der Wasserkraft
 - b. Turbinen, die in Frage kommen
 - c. Befragung der Einheimischen über HQ, Quellen, etc.
 - d. Messmethoden
 - e. Ähnliche Projekte
 - f. Kontaktaufnahme mit Experten
 - g. Energieübertragung, Stromerzeugung, Stromleitung
2. Vorbereitung für Ecuador
 - a. Machbarkeitsanalyse
 - b. Zusammenstellung der Materialien und Messinstrumente
 - c. Genaue Vorgehensbeschreibung vor Ort
 - d. Erkennung und Vorbeugung möglicher Problemstellen
 - e. Erstellen von Formblättern (Hydrologie, ökologische Verträglichkeit, Materialtests, etc.)
3. Messungen vor Ort (s. Vor-Ort Ablaufplan)
 - a. Erkundung lokaler hydrologischer & geologischer Gegebenheiten
 - b. Gespräche mit Einheimischen über Wasserkraftpotentiale & unser Vorhaben
 - c. Vermessung der Flussumgebung / Höhenprofil
 - d. Hydrologische Messungen
 - e. Bestimmung möglicher Standorte
 - f. Eingrenzung möglicher Turbinenarten und Ausführungsmöglichkeiten
 - g. Einschätzung des ökologischen Eingriffs
 - h. Vorplanung der Bauumsetzung vor Ort
 - i. Erkundung potentieller Baumaterialien
 - j. Vorplanung elektrischer Infrastruktur
 - k. Technische Einführung eines einheimischen Spezialisten
 - l. Skizzenzusammenstellung der Installation
4. Hydraulische 2D-Simulation des Fließgewässers zur Abschätzung der Hochwasserabflüsse
5. Bedarfs-/ Dimensionierungsrechnung
6. Planung elektrischer Schaltungen / Leitungen
7. Materialprüfung
8. Konstruktion eines Prototypen
9. Labor-Strömungsversuche
10. Erstellung einer Bauanleitung
11. Erstellung der schriftlichen Bachelorarbeit (Gliederung)
 - a. Allgemeine Beschreibung Wasserkraft (-erzeugung)
 - b. Projektvorstellung
 - c. Beleuchtung des sozio-ökonomischen Umfelds
 - d. Genaue Technische Vorgangsbeschreibung
 - e. Auswertung der Ergebnisse
 - f. ...
12. (Ausführung / Errichtung)

Vergleich von Wasserkraft-Turbinen

Entscheidungsmatrix

Turbinentyp	Bild	Turbinen-Typ	Beschreibung	Hersteller (Bsp.)	Wirkungsgrad	erf. Durchfluss	Leistung	erf. Fallhöhe	Baufwand, Zuleitung	Verhalten im Hochwasserfall	Materialien	ökologischer Eingriff	Bemerkung	Kosten	geeignet?
Francis Turbine		Radialturbinen, axialer Ablauf Oberdruckturbinen vollbeaufschlagt Reaktionsturbinen	Wasser läuft radial zu und über Laufrad und Leitrad axial abgeführt	Wiegert & Bähr Maschinenbau GmbH	ca 90%	0,1 (ab Fallhöhe 60m)-15 m³/s	schlechtes Teillastverhalten bis zu 750 MW	1 (ab Q= 3m³/s) eigentlich 30-700m	komplizierte Geometrie, Vielzahl an Leitschaufeln		Einaufspirale aus Stahl oder Beton	großer ökologischer Eingriff (Damm)			
Kaplan Turbine		Axialturbinen Niederdruckturbinen vollbeaufschlagt Reaktionsturbinen	Umlenkung des Wassers in axiale Richtung vor Eintritt in das Laufrad (Sonderform)	Wiegert & Bähr Maschinenbau GmbH	80-95%	Q>3m³/s	gutes Teillastverhalten, Kavitationsgefährdet bis zu 125 MW	1,5-50m bei Flüssen mit stark schwankender Wasserführung bis 100m	einfacher Aufbau von Propellerturbinen		Einaufspirale oft aus Beton	normalerweise schwerer ökologischer Eingriff, Fischtreppe notwendig evtl. Grundwasseranstieg	gut an schwankendes Q anzupassen, hoher Wirkungsgrad schon ab geringem Q/Qn (ca 20%)		
Pelton Turbine		Tangentialeturbinen Gleichdruckturbinen, teilbeaufschlagt Aktionsturbinen	über Düsen (horizontale Welle 1-2; vertikale Welle bis zu 6) gebändeltes und beschleunigtes	F.Enzfelder (Tragbare)hydraulischeEnergie	90-95%	Q <= 5m³/s	Nennwirkungsgrad bei 20% des Nenndurchflusses erreicht, flacher Wirkungsgradverlauf, bis 500MW	500-2000m (theoretisch schon ab 100m)	Durchflussregulierung nur über Strahlblecher der Düsen, einfache und robuste Technik, eine Leitschaufel	Wasserstrahl erhebliche kinetische Energie; kann nicht einfach abgebremst werden, Gefahr der Überdrehung des Laufrades	hoher Druck erfordert stabile Materialien für Düsen, hohe Erosionsanfälligkeit des Laufrades wegen Profilstahl				
Ossberger Turbine/ Durchströmturbine		Radialturbinen teilbeaufschlagt	Wasser durchströmt Laufrad der Turbine, wird dabei zwei mal umgelenkt: Erzeugen eines Drehmoments	Ossberger Turbinenfabrik GmbH	~80%	Q=0,025...13m³/s eig. Q<=2m³/s	niedrige Wirkungsgrade P= 1...1.500 kW	wenige Meter bis 200m	einfache und robuste Technik, eine Leitschaufel		hoher Verschleiß, jedoch keine Kavitation				
Klappenlaufrad-Turbine		Sonderform der Francis Turbinen mit verstellbarem Laufrad	verstellbares Laufrad, jedoch feststehende Leitrad nicht verstellbar	Herkules Aquatec GmbH (ehem. Hermann Brümmer KG)	bis zu 94%; bei 10% Öffnung bereits über 80%	Q=1-20m³/s	bis 500kW einwirkend, bei schwankenden Wassermengen	1-10m; 10-30m mit Druckleitung	geringe Baukosten; kein kompliziertes und teures Saugrohr benötigt	arbeitet auch bei Rückstau (Hochwasser)	Verwendung von Normteilen; einfacher Aufbau, leicht zu reparieren; einfache Fettschmierung	Verletzt keine Fische, als Okoturbine zugelassen	niedrige Drehzahlen; lange Lebensdauer; keine Kavitation; keine Verstopfung durch Schwemmgut		
Löffelrad-Turbine		ähnlich einer Pelton-Turbine	4 Düsen erhalten ihr Wasser aus einem Wasserkasten in dem verschiedene hohe Bleche eingesetzt sind	Herkules Aquatec GmbH (ehem. Hermann Brümmer KG)		1 - 500 l/s		2 - 500 m	Turbine und Generator bei kleineren Anlagen gemeinsam auf einem Grundrahmen montiert				Generell ein selbstregelnder Generator eingesetzt		
Hubflügel-Generator		Tragflügelkonstruktion	Tragflügel erfährt im anströmenden Wasser eine Querkraft -> Aufwärtshub / Abwärtshub	Aniprop GBR	~85%	Q=3m³/s; u=2m/s (Prototyp)	~1kW (Prototyp) - sehr von tatsächlichen Durchflussgeschwindigkeit abhängig, d.h. unterliegt Schwankungen	-	gute Verankerung an den Seiten nötig, gleichmäßiger Durchfluss wichtig	kritisch	Stahlkonstruktion (Prototyp)	minimal	Prototyp Aniprop HFGS in Augsburg (Hubhöhe 0,6m, nutzt ca.70% von Q)		
Wasserkraftschnecke		Archimedische Schnecke	Umkehrung des Prinzips der Archimedischen Schnecke	Ritz-Atro Pumpwerksbau GmbH	~80%	Q=0,1-5,5m³/s	minimale Wasserkraftpotentiale ab 1kW nutzbar, hoher Wirkungsgrad auch bei geringer	bis zu 10m	Einbau ohne Veränderung des natürlichen Flusslaufs, benötigt Gehäuse/Trog	verliert durch Anstieg des Unterwassers lediglich an Fallhöhe, Leistung steigt aber wegen größerem Q	Trog normalerweise aus Ortbeton oder Stahl	minimal	keine Schwierigkeiten bei Trockenlauf oder durch Feststoff- oder Schwemnteile		
Oberschlächtiges Wasserrad		Wasserrad teilbeaufschlagt Reaktionsprinzip	Wasser strömt von oben her auf den Radkranz, nutzt die potentielle Energie	Bega Wasserkraftanlagen GmbH; Hartmuth Drehw. Ing.; HydroWatt GmbH	bis 80%	Q=0,1-2,5m³/s	guter Teillastwirkungsgrad	2,5-10m	aufwändiger wegen schaufelgeometrie und obenliegendem Zulauf		häufig Tandemkonstruktionen aus Stahl und Holz	minimal	robust, kein Rechen erforderlich, minimaler Wartungsaufwand	4000 - 5000 €/kW	
Mittelschlächtiges Wasserrad		Wasserrad teilbeaufschlagt Reaktionsprinzip	wird auf Nabenhöhe beaufschlagt, werden rückschlächtig gebaut	HydroWatt GmbH	max. ~82%; Erfahrung: 75 - 76%			1,5-3,0m	Wehr notwendig			minimal; ökologisch verträglich; besonders fischfreundlich			
Unterschlächtiges Wasserrad		Wasserrad teilbeaufschlagt Aktionsprinzip	Radkranz in strömendem Wasserlauf eingetaucht, nutzt die kinetische Energie	Bega Wasserkraftanlagen GmbH; Versuche an der "Queen's University Belfast"; Hartmuth	bis 35%-70%	Q=0,5-3m³/s	4-45kW	0,5-2,5m	nur Zinfache Ableitung notwendig, Rechen erforderlich!		häufig Tandemkonstruktionen aus Stahl und Holz	minimal	Übersetzung über Getriebe und Riemen wegen geringer Drehzahl, Rechen erforderlich	8000 - 10000 €/kW	
Turas-Wasserrad		Oberschlächtiges Wasserrad mit einseitiger Lagerung	Wasserrad mit einseitiger Lagerung	Bega Wasserkraftanlagen GmbH	bis 80%	Q=0,1-2,5m³/s	guter Teillastwirkungsgrad	1,5-3,0m	aufwändiger wegen schaufelgeometrie und obenliegendem Zulauf		häufig Tandemkonstruktionen aus Stahl und Holz	minimal			
Very Low Head (VLH)-Turbine		ähnlich einer Kaplan-Turbine	langsam laufende Turbinen, Achse gekippt	M12-Technologies	ca 78%	Q=10-30m³/s	100-500kW	1,4-2,8m	Kanalisation; nur Fertigteile		alles Fertigteile	relativ groß; Fischverträglichkeit wird derzeit noch geprüft	nur für streng kanalisierte Strömung geeignet	nur als relativ große Anlage rentabel	
Matrixturbine		Rohrturbine z.B. Kaplan-Propeller	mehrere gleich aufgebaute kleine Rohrturbinen u. Generatoren Matrixanordnung	in Freudenau; -hydraulische Bauteile: Bouvier Hydro / Grenoble		in Freudenau nicht mehr als 3000 m³/s, sonst Überströmung		niedrige Fallhöhe ab ca 3m	kostengünstige Alternative, Baukastensystem geringer baulicher Aufwand	Absperklappen in Form von Garagentoren vorgeschaltet einfache Überströmung	fertige Bauteile	kann in bestehende kleine Dämme eingehängt werden	wird unterschiedlichen Anström- und Druckverhältnissen gerecht, Fließrichtung kann wechseln		

Anhang 3:

Vor-Ort-Ablaufplan

Datum	Tag	Tätigkeit	benötigte Materialien	Fragestellungen / Ergebnisse
	1	<ul style="list-style-type: none"> • Erkundung der hydrologischen & geologischen Gegebenheiten • Gespräche mit der Dorfbevölkerung über Wasserkraftpotentiale und unser Vorhaben (HQ, Quellen, jahreszeitliche Abflüsse, etc.) • Erste Erkundung möglicher Installationsorte 	<ul style="list-style-type: none"> • Digitalkamera • Meterstab • Fernglas • Planvorlagen 	<ul style="list-style-type: none"> • grober Lageplan (Skizze) • Sind Zuflüsse oder Hauptstrom besser geeignet? • wie sind die Witterungsbedingungen (jahreszeitabhängig), Extremwetterlagen • evtl. Abschätzung von Abfluss Q von Extremwetterlagen aus Berichten • Auswählen möglicher Teilgebiete und besonders zu untersuchender Stellen
	2 - 5	<ul style="list-style-type: none"> • Vermessung der Flussumgebung • Erstellung eines Höhenprofils • Einschätzung der Installationsalternativen • Erste hydrologische Messungen <ul style="list-style-type: none"> • Vermessung Fließquerschnitt / Fließtiefen • Fließgeschwindigkeit / Geschwindigkeitsprofil • Bewertung des Untergrunds • Evtl. Gefahr durch Schwemmgut ? • Einschätzung der jahreszeitlichen Fluktuation (Flussränder, etc.) • Einschätzung HQ (Flussränder, etc.) • Messung der Höhendifferenzen • Erste Berechnungen der Fluss-Parameter 	<ul style="list-style-type: none"> • Nivelliergerät, Theodolit • Messgeräte zur Bestimmung sämtlicher hydrologischen Parameter • Hydrologische Formblätter 	<ul style="list-style-type: none"> • spezifizierter Detailplan des Geländes mit Höhenangaben • Skizze des Fließverlaufs mit Angabe von Fließtiefen und Strömungszuständen • Detaillierte Beschreibung des Gewässers (Flussbett, Geschiebe, Schwebstoffe, Durchfluss, Fließgeschwindigkeit)

Datum	Tag	Tätigkeit	benötigte Materialien	Fragestellungen / Ergebnisse
	6	<ul style="list-style-type: none"> • Eingrenzung möglicher Turbinenarten • Bestimmung möglicher Standorte • Einschätzung des ökologischen Eingriffs <ul style="list-style-type: none"> • Fischwanderung • Natürliches Fließverhalten beibehalten • Veränderungen durch mögliche Ableitung 	<ul style="list-style-type: none"> • Turbinen-Auswahlmatrix • Ökologische Formblätter 	<ul style="list-style-type: none"> • Variantenabgleich mit Turbinentabelle • Evtl. Einschränkung / Festlegung der Turbinenart in Abstimmung mit den zur Verfügung stehenden Materialien (Liste, Preis, Aufwand)
	7	<ul style="list-style-type: none"> • Vorplanung der Bauumsetzung vor Ort <ul style="list-style-type: none"> • Bauaufwand abschätzen • Technische Möglichkeiten • Möglichkeiten der Durchführung • Zusammenstellung potentieller Baumaterialien • Evtl. erste Materialversuche 	<ul style="list-style-type: none"> • Materialtest Formblätter • Evtl. Material-Prüfinstrumente • Planvorlagen 	<ul style="list-style-type: none"> • Welche technischen Hürden könnten beim späteren Bau auftreten? • Welche Materialien kommen in Frage? • Bauskizzen • Materialvergleiche zur späteren Auswahl
	8	<ul style="list-style-type: none"> • Vorplanung erforderlicher elektrische Infrastruktur <ul style="list-style-type: none"> • Materialmenge • Bauaufwand • Kosten • Ökologischer Eingriff 	<ul style="list-style-type: none"> • Planvorlagen 	<ul style="list-style-type: none"> • Wie ist die Verteilung der elektrischen Energie am besten / effizientesten zu bewerkstelligen? • Skizzierter Infrastrukturplan
	9	<ul style="list-style-type: none"> • Auswahl des konkreten Installationsstandort (evtl. Alternativen?) • Auswahl Turbine • Einführung eines einheimischen Spezialisten / Wasserkraftbeauftragten 	<ul style="list-style-type: none"> • Anschauungsmaterial zu Wasserkraft, Hydromechanik etc. (spanisch) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausgebildeter Dorfbewohner, der sich mit der Anlage beschäftigt / diese warten kann und auch in Zukunft in regelmäßigen Abständen Flussparameter protokollieren kann
	10	<ul style="list-style-type: none"> • Skizzenanfertigung der Installation (Was? Wo? Wie?) • Abschlusspräsentation & Unterrichtung der Dorfgemeinschaft über unsere Ergebnisse und Planungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Planvorlagen • Evtl. Flipcharts 	<ul style="list-style-type: none"> • Umfassende Zusammenstellung unserer Informationen

Anhang 4:

Vorläufige Informationen zu den Flüssen

1. Rio Kusutka

Ancho 13 metros aproximado **Breite schätzungsweise** $b = 13\text{m}$
velocidad 4 segundos en 1 metro **Geschwindigkeit 4 Sek. pro Meter** $v = 0,25\text{m/s}$

Cuando esta seco el rio la profundidad en la parte baja 80 centímetros

Wenn es trocken ist beträgt die Fließtiefe im Niedrigwasser $y = 0,8\text{ m}$

en la parte onda 1,50 1 metro 50 de profundidad

im anderen Teil [der Welle] 1,50 $y = 1,50\text{m}$

cuando esta crecido 3 metros de profundidad y 2 metros en la parte baja

Wenn er [der Fluss] angestiegen ist $y = 3\text{m}$ und $y = 2\text{m}$ im Niedrigwasser

Bestimmung des Durchflusses

$$Q = v \cdot A = v \cdot y \cdot b$$

Trockenheit im Niedrigwasser

$$Q = 0,25\text{ m/s} \cdot 0,8\text{m} \cdot 13\text{m} = \underline{2,6\text{ m}^3/\text{s}}$$

anderen Teil

$$Q = 0,25\text{m/s} \cdot 1,5\text{m} \cdot 13\text{m} = \underline{4,875\text{ m}^3/\text{s}}$$

Bei Ansteigen im Niedrigwasser

$$Q = 0,25\text{m/s} \cdot 2\text{m} \cdot 13\text{m} = \underline{6,5\text{ m}^3/\text{s}}$$

anderer Teil

$$Q = 0,25\text{m/s} \cdot 3\text{m} \cdot 13\text{m} = \underline{9,75\text{ m}^3/\text{s}}$$

**Geschwindigkeit und Breite
konstant? → überprüfen!**

2. Rio kaank

ancho 7 metros **Breite** $b = 7\text{m}$
velocidad 3 segundos en 1 metro **Geschwindigkeit 3 Sek./Meter** $v = 0,33\text{m/s}$

profundidad minima 30 centímetros en la parte mas baja (rio seco)

Fließtiefe min. $y = 0,3\text{m}$ im Niedrigwasser (bei Trockenheit) $Y = 0,3\text{m}$

en la parte mas profunda 1 metro 40

An der tiefsten Stelle $y = 1,40\text{m}$

rio crecido 2 metros en la parte profunda, en la parte baja 1 metro

angestiegen auf $y = 2\text{m}$ im tiefen Teil, auf $y = 1\text{m}$ im Niedrigwasser

Trockenheit im Niedrigwasser

$$Q = 0,33\text{m/s} \cdot 0,3\text{m} \cdot 7\text{m} = \underline{0,693\text{ m}^3/\text{s}}$$

an der tiefsten Stelle

$$Q = 0,33\text{m/s} \cdot 1,4 \cdot 7\text{m} = \underline{3,234\text{ m}^3/\text{s}}$$

Bei Ansteigen im Niedrigwasser

$$Q = 0,33\text{m/s} \cdot 1\text{m} \cdot 7\text{m} = \underline{2,31\text{ m}^3/\text{s}}$$

an der tiefsten Stelle

$$Q = 0,33\text{m/s} \cdot 2\text{m} \cdot 7\text{m} = \underline{4,62\text{ m}^3/\text{s}}$$

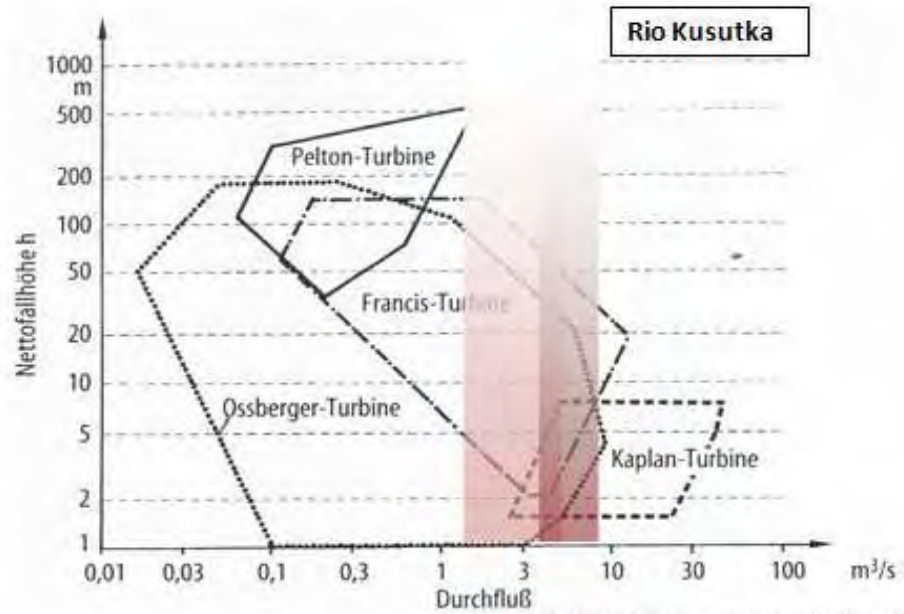
**Geschwindigkeit und Breite
konstant? → überprüfen!**

att.

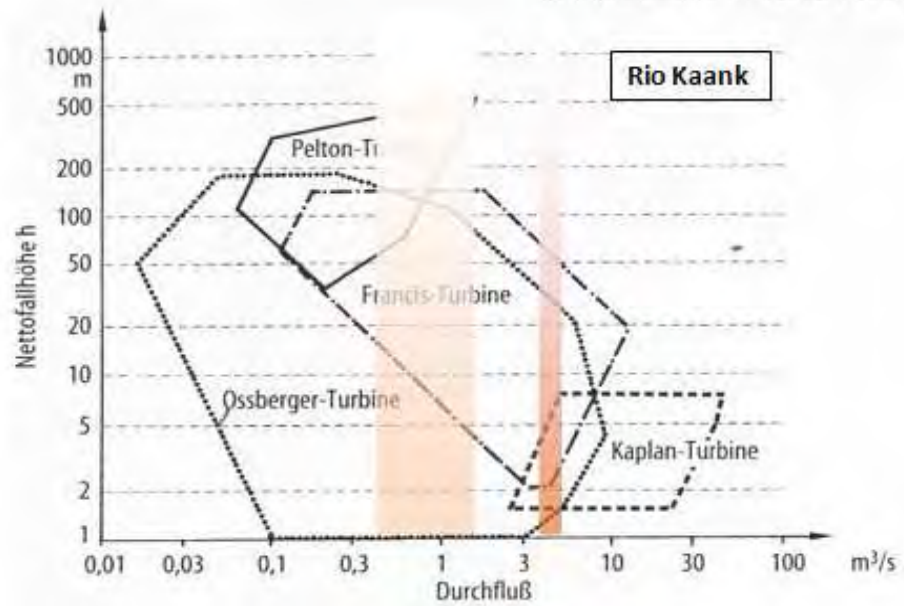
Domingo Peas, 28.11.2009

Anhang 5:

Diagramm 1: Kompatibilität von Turbinen und Durchfluss der Flüsse Kusutka und Kaank



Quelle: Prof. Rutschmann, Lehrstuhl und Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, „Grundlagen Wasserbau“



Literaturverzeichnis

Bücher

- [1] Wagner, Ulrich: „Nutzung regenerativer Energien“, Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik, 10.Auflage 2009
- [2] Gieseke, Jürgen; Mosonyi, Emil: „Wasserkraftanlagen: Planung, Bau und Betrieb“, 4. Auflage, Springer 2005; online: <http://lib.mylibrary.com/browse/open.asp=3fID=3d108691>
- [3] Küffner, Georg: „Von der Kraft des Wassers“, Deutsche Verlags-Anstalt München
- [4] Wasserwirtschaftsverband Baden-Württemberg e.V.: „Leitfaden für den Bau von Kleinwasserkraftanlagen“, 2. Auflage 1994
- [5] Babanek, Roland: „Zur Elektrifizierung ländlicher Gebiete in Entwicklungsländern unter besonderer Berücksichtigung von Kleinwasserkraftanlagen“, Dissertation, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der RWTH Aachen, 1982
- [6] Pálffy, Sandor O. et al.: „Wasserkraftanlagen: Klein- und Kleinstkraftwerke“, Kontakt & Studium Band 322, expert Verlag, 1991
- [7] Jiandong, Tong et al.: „Mini Hydropower“, Hangzhou Regional Centre for Small Hydro Power, UNESCO; John Wiley & Sons Ltd., 1991
- [8] Meyerhoff, Jürgen; Petschow, Ulrich: „Umweltverträglichkeit kleiner Wasserkraftwerke: Zielkonflikte zwischen Klima- und Gewässerschutz“, Umweltbundesamt Forschungsbericht 202 05 321, Texte 13-98; 1998
- [9] Tannò, Gian-Andri: „Pico-Kraftwerke: Kleinste Wasserkraftwerke mit Eigenleistung bauen“, Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern; 2. Auflage 1996

Infobroschüren

- [10] Arbeitsgemeinschaft Alpine Wasserkraft (AGAW): „Wasserkraft im 21. Jahrhundert- Bestandsaufnahme und Zukunftsperspektiven“, Beiträge des Symposiums am 25. und 26. November 1999 im Kornhaus Ulm

Online-Broschüren

- [11] Smith, N.P.A.: „Key factors for the success of village hydro-electric programmes“ Department of Electrical Engineering, Nottingham Trent University; Erschienen in: Renewable Energy, Vol.5, Part II, pp. 1453-1460, 1994; Elsevier Science Ltd
- [12] Khennas, Smail; Barnett, Andrew: „Best practices for sustainable development of micro hydro power in developing countries – Final synthesis report“ Department for International Development, UK; London Economics & de Lucia Associates, Cambridge Massachusetts, USA; March 2000

- [13] Waddell, R.; Bryve, P.: "Micro-Hydro systems for small communities"
APACE, University of Technology, Sydney & Institute for Sustainable Futures, University of Technology, Sydney.
Erschienen in: Renewable Energy 16 (1999) 1257-1261
- [14] Thornbloom, M.; Ngbangadie, D.; Assama, M.: "Using Micro-Hydropower in the Zairian village"
Advanced Technologies Division, Florida Solar Energy Center, USA & Communauté Evangélique en Ubangi Mongala, Central African Republic
Solar Energy Vol. 59, Nos. 1-3, pp. 75-81, 1997
- [15] Williams, A.; Porter, S.: "Comparison of hydropower options for developing countries with regard to the environmental, social and economic aspects"
Nottingham Trent University / Metronet Rail, UK
Proceedings of the International Conference on Renewable Energy for Developing Countries-2006
- [16] "Technology Evaluation of Existing and Emerging Technologies Water Current Turbines for River Applications"
Verdant Power Canada ULC prepared for Natural Resources Canada
June 15, 2006
www.verdantpower.com
- [17] „Small Hydropower for Developing Countries“
European Small Hydropower Association
- [18] Maurer, P.: „Wasserkraftwerk selbst gebaut - Anleitung zum Bau eines Picokraftwerks“, 2004
www.maurelma.ch
- [19] Williams, A.: "Pico hydro for cost-effective lighting"
School of Architecture, Design and the Built Environment, Nottingham Trent University,
www.picohydro.org.uk
Erschienen in: Boiling Point No 53 2007 pp. 14-16
- [20] Williams, A.; Simpson R.: "Pico hydro – Reducing technical risks for rural electrification"
Erschienen in: Renewable Energy 34 (2009) 1986–1991
- [21] "Poverty Alleviation Through Irrigation Based Pico / Micro Hydro Power Projects Lwamba"
- [22] E. M. Nfah, E.M.; Ngandum, J.M.; Vandenbergh, M.; Schmid, J. : "Simulation of off-grid generation options for remote villages in Cameroon"
University of Dschang, Cameroon; University of Yaoundé I, Cameroon; c ISET e.V., Kassel, Germany.

Sonstiges

- [23] Fakultät für Tourismus Hochschule München: „Passport“ Edition Ecuador 2009
- [24] Kasperek, Axel: „Eine einfache Durchstromturbine zur Stromerzeugung im kW-Bereich“, Oktober 2009, Studie am Lehrstuhl für Hydromechanik an der Technischen Universität München
- [25] Universität Siegen: „Kleinstkraftwerke-Wasserräder mit Energiewandlern im Baukastenprinzip“, Projektbeschreibung
- [26] Schilling, R.: „Wasser- und Windkraftwerke“, Skript zur Vorlesung – SS 2008, Lehrstuhl für Fluidmechanik – Abteilung Hydraulische Maschinen, TU München