

Planung der Trinkwasserversorgung für ein Dorf im ecuadorianischen Regenwald

Maximilian Hansinger, Christoph Rapp und Andres Botero Halblaub (München)

Zusammenfassung

Im Sommersemester 2010 befassten sich mehrere Studierende der Technischen Universität München mit Fragestellungen zur infrastrukturellen Grundversorgung von Bewohnern des ecuadorianischen Regenwalds. Neben der Bereitstellung geringer Mengen elektrischer Energie und der Abwasserreinigung wurde die Trinkwasserversorgung eines Dorfes geplant. Während der Feldstudie wurde das bereits bestehende, aber sehr marode Versorgungssystem dokumentiert und auf seine Schwachstellen analysiert. Es konnte ein Sanierungskonzept vorgeschlagen werden, das auf dem bestehenden System aufbaut, um den Arbeitsaufwand und die Kosten des Umbaus so gering wie möglich zu halten.

Schlagwörter: Bildung, Entwicklungszusammenarbeit, Ecuador, Trinkwasser, Versorgung, Planung, Projekt, Studium, Universität

DOI: 10.3243/kwe2011.11.004

Abstract

Planning the Drinking Water Supply for a Village in the Ecuadorian Rain Forest

During the 2010 summer semester, several students at Munich Technical University looked into the issue of how to provide basic infrastructures to the inhabitants of the Ecuadorian rain forest. In addition to making available small quantities of electricity to a village and providing for wastewater treatment, they also planned the village's drinking water supply. During the field studies, the existing ailing supply system was documented and its weaknesses were analysed. The students were able to suggest a rehabilitation concept that builds on the existing system in order to keep the expenditure of human labour and the renovation costs as low as possible.

Key words: education, development cooperation, Ecuador, drinking water, supply, planning, project, studies, university

1 Einleitung

Das Amazonasbecken gilt als grüne Lunge der Erde und verfügt über eine einzigartige Vielfalt an Flora und Fauna. Dem Regenwald in der Provinz Morona Santiago wird ein besonderer Stellenwert beigemessen, denn durch einen Grenzkonflikt zwischen Ecuador und Peru ist die ehemalige militärische Sperrzone nahezu unangetastet geblieben. Um diese rohstoffreiche Region vor dem Zugriff der Erdöl-, Gas- und Holzindustrie zu schützen, wurde sie von der UNESCO zum Biosphärenreservat erklärt, was allerdings keine rechtlichen Konsequenzen für die indigene Bevölkerung nach sich zieht. Die Menschen, die sich bewusst für ein Leben im Regenwald und damit für die Bewahrung ihrer Tradition entschieden haben (Abbildung 1), sind Spielball nationaler und globaler Interessen. Mit dem Bau von sogenannten Urwaldakademien in den Dörfern Yuwienta und Sharamentsa in Ecuador sollen die Bildungschancen der Indígenas verbessert werden, sodass sie auch langfristig ihre Meinung unabhängig vertreten können. Neben dem Bau dieser Akademien, die der Künstler Markus Heinsdorff entworfen hat, steht die Befriedigung menschlicher

Grundbedürfnisse im Vordergrund der Unterstützung, die die Menschen durch Organisationen verschiedener Länder erfahren.

Die Planung der infrastrukturellen Erschließung der Akademie und des 250-Einwohner-Dorfes Yuwienta wurde im Rahmen von Abschlussarbeiten von Studierenden der Technischen Universität München übernommen. Neben der Bereitstellung geringer Mengen elektrischer Energie durch Wasserkraft und der Abwasserentsorgung stand die Trinkwasserversorgung im Zentrum des Vorhabens. Zwar verfügt Yuwienta seit etwa zehn Jahren über eine Trinkwasserleitung, und vor zwei Jahren wurden drei Stränge zur Versorgung der Wohn- und Versammlungsstätten durch amerikanische Missionare gebaut, allerdings kommt nur aus den wenigsten Hähnen Wasser, und die Einwohner klagen über die schlechte Qualität; zum Trinken muss das Wasser abgekocht werden.

Während einer dreiwöchigen Reise nach Ecuador konnten Versagensgründe des Systems identifiziert und ein Sanierungskonzept vorgeschlagen werden.



Abb. 1: Tibi, einer der beiden Wasser-Beauftragten in Tracht

2 Analyse der bestehenden Trinkwasserversorgung

2.1 Komponenten und bauliche Umsetzung

Den Beginn der Trinkwasserversorgung bildet ein Betonbehälter mit einem Volumen von ca. 1,25 m³. Die Wasserfassung befindet sich etwa 900 m nordwestlich und etwa 70 m oberhalb des Dorfgebietes an einem Hang, wo er von austretendem Quellwasser und dem Wasser eines kleinen Baches gespeist wird.

Aus der Fassung fließt das Wasser, das direkt am Auslauf des Behälters mit einem Plattenschieber gedrosselt wird, durch eine DN-50-PE-Leitung hinab ins Tal. Abbildung 2 gibt einen Überblick über Yuwienta, das sich zwischen den beiden Flüssen Rio Kaank und Rio Kusutka befindet und sich entlang der Landebahn für Kleinflugzeuge erstreckt. Am südlichen Ende befinden sich das Gemeindehaus und die Schule, im Norden grenzt das Akademiegelände an das Dorf.

Am Verzweigungspunkt endet die Hauptleitung, und der Wasserfluss wird auf drei PVC-Versorgungsleitungen (DN 35) aufgeteilt. Diese Leitungen verlaufen parallel zur Landebahn und versorgen die Bewohner über Wasserhähne an zentralen Entnahmestellen mit Wasser. Der Durchfluss wird bei Leitung 2 und 3 mittels zweier Kugelhähne am Verzweigungspunkt reguliert; der Abfluss der Leitung 1 kann erst nach einer weiteren Abzweigung gesteuert werden. Die Akademie verfügt über die einzigen zwei Wasserspeicher (je 1 m³).

Die erdverlegten Leitungen wurden nicht gebettet. Bei der Trassierung wurde nicht auf die Einhaltung von Mindestradien geachtet, und bis zu 15 m breite Bachtäler werden ohne zusätzliche Unterstützung der PVC-Leitung überspannt [1].

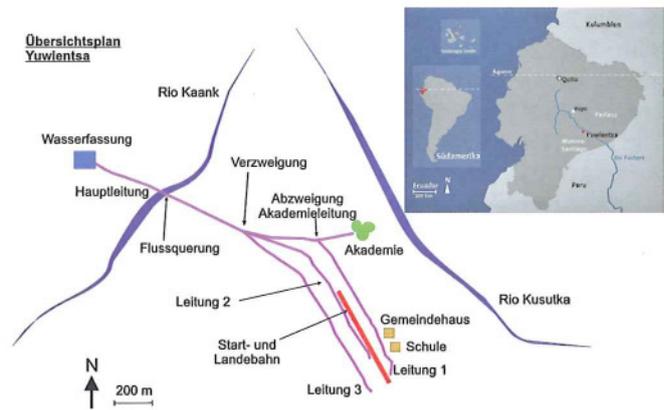


Abb. 2: Übersichtplan des Dorfes Yuwienta [1]



Abb. 3: Die Verzweigung der Hauptleitung zu den Versorgungsleitungen 1–3 [1]

Die einzelnen Abschnitte der Hauptleitung sind mit Schellen verbunden; die Versorgungsleitungen sind gesteckt und verklebt bzw. verschraubt. Die einzelnen Versorgungsleitungen können mit Kugelhähnen verschlossen werden, die unbefestigt in einer offenen Grube liegen (Abbildung. 3). Diese Absperrschieber werden auch zur Abflusssteuerung der jeweiligen Leitung verwendet. An den Hütten besitzen die Versorgungsleitungen Abzweigungen, die mit Wasserhähnen enden.

Bei der Begehung konnte eine Vielzahl von Leckagen auffindig gemacht werden, die auf die Einwirkung spitzer Steine oder zu großer Zugspannungen zurückzuführen sind. Wo immer es möglich war, wurden diese Stellen von den Dorfbewohnern provisorisch mit Draht und Gummi aus alten Gummistiefeln abgedichtet. Die Kugelhähne und Absperrschieber sind nicht befestigt oder in einem Fundament fixiert. Die beim Öffnen und Schließen auf die Hähne einwirkenden Querkräfte und Spannungen führen dazu, dass die Leitungen teilweise aus den Verbindungsmuffen herausbrechen. Diese Undichtigkeiten wurden ebenfalls, wenn auch nicht sehr effektiv, mit Draht und Plastikfolie abgedichtet.

2.2 Wasserdargebot

In mehreren Messungen an unterschiedlichen Tagen konnte das Wasserdargebot der Fassung mit Eimer und Stoppuhr bestimmt werden. Die Ergiebigkeit aus dem Zufluss der Quelle

und des Baches beläuft sich auf $Q_{Zu} = 0,85$ l/s, der tatsächliche Abfluss über die Hauptleitung wird aber durch Wasserverluste bereits an der Wasserfassung auf $Q_{Ab} = 0,66$ l/s gemindert. Zwischen der Wasserfassung und dem Dorfgebiet besteht derzeit keinerlei Speicherung, sodass diese Wassermenge nicht ausreicht, um ein Dorf mit 250 Einwohnern bei Verbrauchsspitzen zu versorgen. Auch der Behälter der Wasserfassung dient aufgrund seines geringen Volumens nicht diesem Zweck. Der Plattenschieber am Auslauf ist von den Einheimischen so justiert worden, dass der Wasserspiegel im Behälter ein konstantes Niveau beibehält.

2.3 Hydraulik

Aus hydraulischen Gesichtspunkten weist das Versorgungssystem einige zu beanstandende Punkte auf; Grund hierfür ist vor allem die Anordnung der Absperr- und Regelorgane. Der Plattenschieber am Auslauf der Wasserfassung ist nur etwa zu einem Zehntel geöffnet, um den Abfluss konstant auf $Q_{Ab} = 0,66$ l/s zu halten. Hieraus resultiert ein starker Druckabfall bei stationären Verhältnissen. Da auch der Schieber nicht optimal abgedichtet ist, wird durch den Unterdruck Luft in die Leitung gesaugt. Es stellt sich vorerst ein Freispiegelabfluss ein und kein Druckabfluss, wie es üblicherweise bei Trinkwasserleitungen gewünscht ist [2]. Dieser geht erst vor dem Verzweigungspunkt wieder in einen Druckabfluss über. Weiter gibt es im Leitungsverlauf derzeit keinerlei Entlüftungs- oder Entleerungsventile an den Hoch- und Tiefpunkten.

2.4 Wasserqualität

Eine zentrale Trinkwasseraufbereitung existiert in Yuwienta nicht, sodass das Wasser, das die Dorfbewohner über die Wasserhähne beziehen, vor jedem Konsum abgekocht werden muss. Dies ist zwingend erforderlich, da über die diversen Risse Erde und anderes organisches Material in die Leitung gelangt und das Wasser bakteriell verunreinigt. Auch die Luft im oberen Teil der Hauptleitung fördert das Wachstum aerober Mikroorganismen stark, was die Wasserqualität mindert.

3 Sanierungskonzept

3.1 Bauliche Umsetzung

Die detektierten Rohrbrüche und Risse sind im Grunde nicht auf das Leitungsmaterial (Abbildung 4) selbst zurückzuführen, sondern können durch die unsachgemäße Verlegung erklärt werden. In diesem Sinne spricht nichts gegen einen weiteren Gebrauch der PE- und PVC-Rohre.

Der ganze Leitungsverlauf muss aber freigelegt werden, um derzeit noch unbekannt Defekte auszumachen und Krümmungsradien zu erhöhen. Sollten sich die Risse in den Versorgungsleitungen mehren, empfiehlt es sich, bei dieser Sanierung die PVC-Rohre durch PE-Rohre gleichen Innendurchmessers und gleicher Wandstärke zu ersetzen. PE ist gegenüber PVC weniger anfällig für Spannungsrisse [1]. Weiter müssen alle eingeklebten Muffen und Organe durch längskraftschlüssige Schraub- oder Schweißverbindungen ersetzt werden. Auch der Verzweigungspunkt ist verbesserungswürdig; hier bedarf es vor allem einer Fixierung der Schieber, um die einwirkenden Querkräfte auf die Leitung abzutragen, sowie einer adäquaten Un-



Abb. 4: Fernando mit einigen Rohrstücken und Muffen bei der Dokumentation der Materialien [1]

terbringung der Organe in einem verschließbaren Schacht. Die Fixierung der Kugelhähne erfolgte bereits vor Ort provisorisch mithilfe von Holzpflocken, um ein zukünftiges Ausbrechen der Leitung zu verhindern. Bei der Neutrassierung sollte eine Kiesbettung erfolgen. Da Kies kaum verfügbar ist, muss der Bodenaushub vor der Rückverfüllung zumindest von scharfkantigem Gestein befreit werden. Auch der Einsatz von Geotextilien als Schutz ist möglich [3].

3.2 Wasserdargebot

Das derzeitige Wasserdargebot aus Quelle und Bach ($Q_{Zu} = 0,85$ l/s) ist zwar nicht ausreichend, um das ganze Dorf direkt mit Wasser zu versorgen, bemisst man aber Q_{Zu} auf die Dauer eines Tages, so ergibt dies immerhin $73,4$ m³/d, was für 250 Einwohner mehr als ausreichend ist. Wird von einem geschätzten Pro-Kopf-Bedarf von 60 l/d ausgegangen, werden täglich lediglich 15 m³ benötigt. Wenigstens zwei Drittel dieser Menge müssen in einem Speicher bevorratet werden.

Geplant sind hierfür zwei handelsübliche PE-Tanks à 5 m³, die permanent mit frischem Quellwasser gespeist werden. Die Tanks werden auf einem Fundament aus Magerbeton in der Nähe des Verzweigungspunktes, zwischen der Hauptleitung und den Versorgungsleitungen, installiert. Die Tanks sind zudem mit Überläufen zu versehen, um bei Vollfüllung das überschüssige Wasser kontrolliert abzuführen.

3.3 Hydraulik

Unabhängig von der Sanierung der einzelnen Rohrstränge muss auch die Art und die Anordnung der Armaturen verbessert werden. Allen voran muss der Plattenschieber an der Wasserfassung entfernt werden; er ist der Grund für den Druckab-

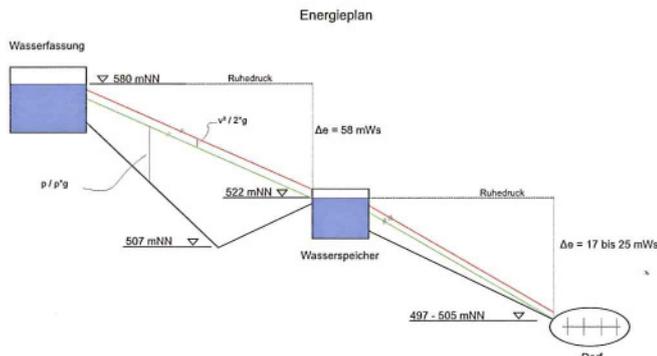


Abb. 5: Energieplan nach dem Aufbau des Wasserspeichers [1]

fall und den Freispiegelabfluss in der Hauptleitung. Ersetzt wird er durch einen Absperrschieber am Ende der Hauptleitung vor dem Einlauf zum Tank (Abbildung 5). Insgesamt sind sieben weitere Absperrschieber einzubringen, um einzelne Leitungsabschnitte für Wartungsarbeiten absperren zu können. Weitere Einbauten sind Entlüftungsventile an topographischen Hochpunkten im Leitungsverlauf [4].

Durch die Installation des Wasserspeichers ergibt sich auch aus hydraulischen Gesichtspunkten eine verbesserte Situation, wie Abbildung 5 zeigt. Im Dorfgebiet mindert sich der Ruhedruck von 70 mWs auf durchschnittlich 20 mWs, da der Wasserspeicher wesentlich tiefer liegt als die Wasserfassung. Dies entspricht dem angestrebten Ruhedruck von 2 bar für Versorgungsgebiete [4].

Instationäre Vorgänge, die durch schnelles Öffnen und Schließen der Organe erzeugt werden, führen zu Druckschwankungen, die ein Vielfaches des Ruhedrucks – aber auch große Unterdrücke – hervorrufen können. Gerade letztere können sehr leicht PVC-Rohre beschädigen.

Die Druckauslegung erfolgte nach dem Charakteristiken-Verfahren. Damit konnte bewiesen werden, dass auch für eine

sehr kleine, theoretische Schließzeit der Organe von $t_s = 1$ s, in der Hauptleitung ein maximaler Überdruck von 10,1 bar, in der Versorgungsleitung von 4,7 bar herrscht; der maximale Belastungsdruck von 12,5 bar wird nicht überschritten [1]. Um große Unterdrücke (< -5 mWS) zu vermeiden, muss eine Öffnungszeit von mindestens 20 s in der Hauptleitung gewährleistet sein.

3.4 Wasserqualität

Am Vortag der Abreise aus dem Regenwald sind an den Wasserhähnen der Akademie Wasserproben entnommen worden, die den Laboratorien für Mikrobiologie und Umweltchemie an der Universidad Central del Ecuador zur Analyse auf mikrobiologische und metallische Inhaltsstoffe übergeben wurden. Die Auswertung der mikrobiologischen Untersuchung ergab eine Keimkonzentration von 350 Keime/ml, wohingegen die ecuadorianische Norm für Trinkwasser – Norma INEN Agua potable 1108:2010 – eine Konzentration von unter 1,8 Keime/ml fordert. Zwischen Entnahme und Analyse lagen vier Tage, was die Aussagekraft des Ergebnisses relativiert. Allerdings können selbst die Indígenas das Wasser nur abgekocht trinken. Die Ergebnisse der Untersuchung auf Schwermetalle sind unabhängig von der Analysezeit; sie weisen bei den Elementen Cadmium, Nickel und Blei eine Überschreitung der von der WHO vorgegebenen Grenzwerte auf (Tabelle 1).

Die erhöhten Konzentrationen stammen sehr wahrscheinlich nicht aus natürlichen Quellen im Grundwasserleiter, sondern entspringen mit großer Sicherheit aus verbleiten und verzinkten Einbauten im Trinkwasserverteilungssystem [5]. Wegen PVC- und PE-Leitungen müssen die Regel- und Verschlussorgane näher untersucht werden.

Für die Trinkwasseraufbereitung konnte noch kein Sanierungskonzept ausgearbeitet werden, hierfür bedarf es weiterer Untersuchungen zur Trinkwasserqualität.

Parameter	Einheit	Resultat	Grenzwert	Überschreitung
organisch			INEN 1108:2010	
Keime	Keime/ml	350	1,8	ja
anorganisch			WHO	
Cadmium	mg/L	< 0,02	0,003	ja
Nickel	mg/L	< 0,16	0,07	ja
Chrom	mg/L	<0,04	0,05	nein
Selen	mg/L	< 0,00014	0,01	nein
Arsen	mg/L	< 0,00021	0,01	nein
Barium	mg/L	< 0,18	0,7	nein
Zink	mg/L	< 0,03	–	–
Molybdän	mg/L	< 0,045	–	–
Quecksilber	mg/L	< 0,00026	0,006	nein
Blei	mg/L	< 0,09	0,002	ja
Magnesium	mg/L	< 0,04	0,4	nein

Tabelle 1: Analyseergebnisse des Rohwassers [1]

4 Fazit und Ausblick

Während des dreiwöchigen Aufenthalts in Ecuador konnten die Versagensgründe der Trinkwasserleitung aufgedeckt und die Schadstoffbelastung ermittelt werden. Einige Verbesserungen des Systems, wie zum Beispiel die Fixierung der Kugelhähne, konnten bereits vor Ort umgesetzt werden, wenngleich die Sanierung sowohl Zeit als auch Geld erfordert. Zunächst sollte die Drosselung der Hauptleitung nach unten verlegt werden, um das Wachstum aerober Bakterien in der Leitung zu verhindern, und die erdverlegten Versorgungsleitungen auf Leckagen untersucht werden. Für den Bau des Zwischenspeichers und die Ausbesserung der undichten Stellen sowie die sichere Erdverlegung der Leitungen sind jedoch finanzielle Mittel notwendig, die die in Subsistenzwirtschaft lebende Shuar beim Staat oder bei Organisationen beantragen müssen. Auch müssen weitere Proben des Leitungs- als auch des Quellwassers entnommen und auf Schwermetalle und Keime analysiert werden.

Mit relativ geringen finanziellen Mitteln können also die Fehler der Vergangenheit behoben werden. Wahrscheinlich kann durch Versetzen des Schiebers nach unten die Trinkwasserqualität so verbessert werden, dass die Indígenas auf das Feuer zum Abkochen des Wassers verzichten können und so zur Bewahrung ihres Lebensraums beitragen.

Das Projekt diente dem Wissensaustausch aller Beteiligten; so wurden alle Begehungen immer in Begleitung der Einheimischen durchgeführt und alle Vorhaben in ständiger Absprache mit den Dorfbewohnern erörtert und diskutiert. Damit sollten die Bewohner bereits mit den Problematiken rund um die Trinkwasserversorgung vertraut gemacht werden, denn nur so wächst das nötige Verständnis, um eine zukünftige Instandhaltung des Versorgungssystems durch die Einheimischen zu ermöglichen. Die Wasserqualität wurde in Kooperation mit der

Universidad Central del Ecuador in Quito analysiert, wo auch ein transatlantisches Seminar zum wissenschaftlichen Austausch stattfand.

Weitere Informationen zu diesem und anderen Projekten gibt es im Internet:

www.ez.bv.tum.de

Literatur

- [1] Hansinger, M.: *Planung der Trinkwasserversorgung für ein Dorf in Ecuadors Regenwald*, Bachelor-Thesis, TU München, München, 2010, http://www.ez.bv.tum.de/images/stories/Maximilian_Hansinger_Bachelorarbeit_small.pdf
- [2] Zeiselmair, A., Konz, A. Rapp, C.: *Planung einer Kleinstwasserkraft zur elektrischen Versorgung eines Dorfes im Regenwald Ecuadors*, *Wasserwirtschaft*, 2011, 101 (5), 28–32
- [3] Bundesanstalt für Wasserbau (Hrsg.): *Merkblatt Anwendung von geotextilen Filtern an Wasserstraßen*, Karlsruhe, 1993
- [4] DVGW: *Technische Regeln Trinkwasserverteilungsanlagen (TRWW), Teil 1: Planung*, Arbeitsblatt W 400-2, Bonn, 2004
- [5] WHO (Hrsg.): *Guidelines for Drinking-water Quality, Vol. 1, Recommendations*, WHO – World Health Organization, Genua, 2008

Autoren

Maximilian Hansinger, B. Sc.

Dr.-Ing. Christoph Rapp

Dipl.-Ing. Andres Botero Halblaub

Fachgebiet Hydromechanik

Technische Universität München

Arcisstraße 21, 80333 München

E-Mail: rapp@tum.de



Der Anzeigenschluss für die
KW – Korrespondenz
Wasserwirtschaft Januar
ist am

7. Dezember 2011.

Die Januar-Ausgabe
erscheint am
6. Januar 2012.

Download- Service

www.dwa.de/shop

Schnell, direkt, rund um die Uhr:
Der Download-Service
für das DWA-Regelwerk.

