

# PLANUNG EINER WASSERKRAFTBETRIEBENEN WASSERFÖRDERANLAGE IN YOGYAKARTA, INDONESIA, UNTER VERWENDUNG VON PAT-TECHNOLOGIE UND EINER HOLZDRUCKROHRLEITUNG ZUR ENERGIEGEWINNUNG

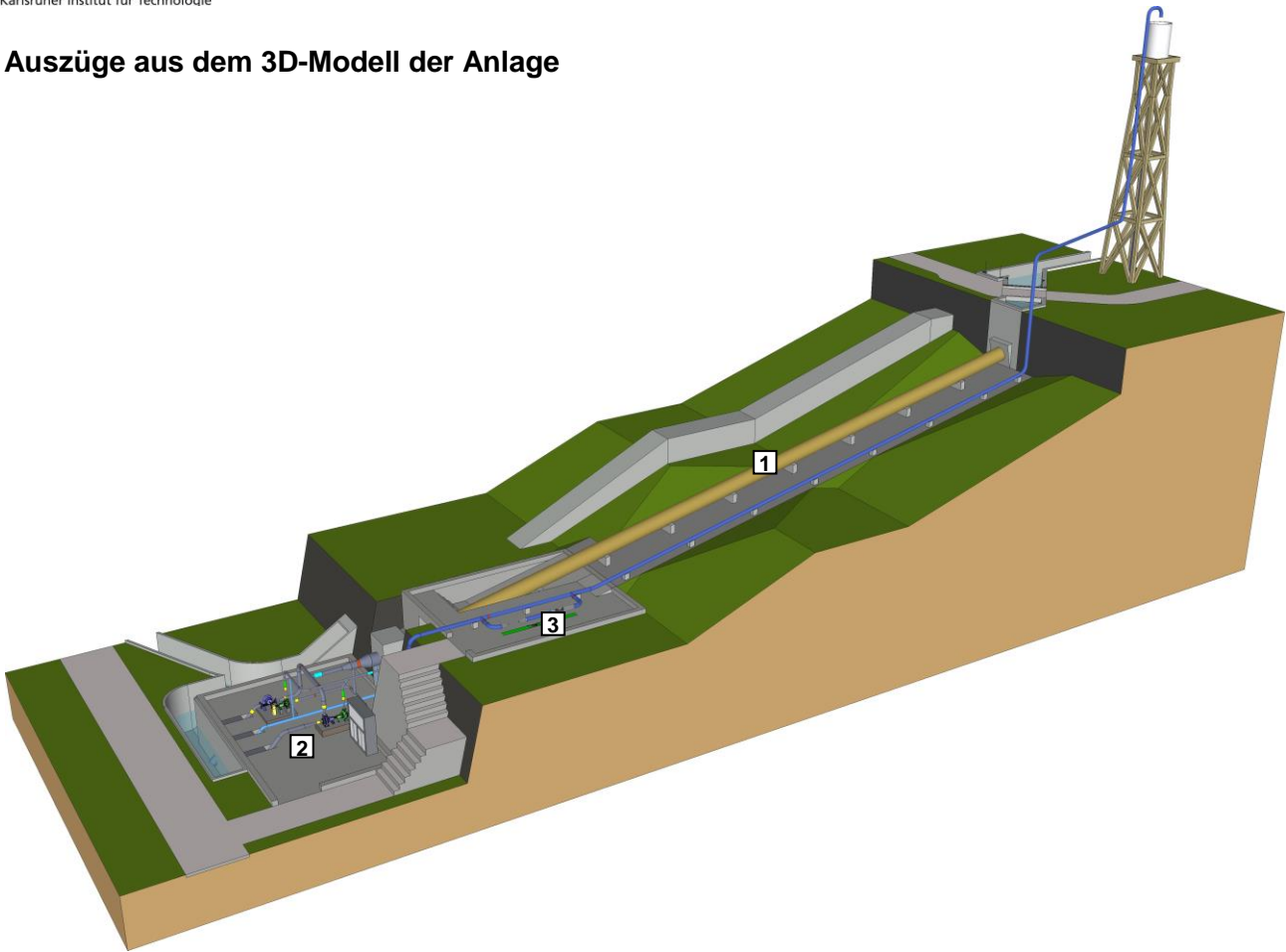
DIPLOMARBEIT VON GIOVANNI BANFI

## Kurzfassung

Innerhalb des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten deutsch-indonesischen Verbundprojekts Integriertes Wasserressourcen-Management (IWRM) Indonesien werden unter Federführung des Instituts für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) innovative Technologien und Managementstrategien zur Verbesserung der Wasserversorgungssituation in Karstgebieten entwickelt. In diesem Zusammenhang wurde weltweit erstmalig eine unterirdische Wasserförderanlage in einer Karsthöhle in der teils durch extreme Wasserarmut geprägten Region Gunung Kidul an der Südküste der indonesischen Insel Java realisiert. Das Potential des unterirdischen Fließgewässers wird durch invers betriebene Kreiselpumpen ausgenutzt, welche mechanisch an Förderpumpen gekoppelt sind. Mit der Realisierung dieses Projektes konnte die Versorgungssituation und damit die Lebensqualität von etwa 80.000 Menschen verbessert werden. Zur Erprobung unterschiedlicher Konzepte wurde ein Entwurf für eine zweite unterirdische Wasserförderanlage für den Einsatz in Karstgebieten entwickelt. Beispielhaft soll dieses Konzept nun an einer oberirdischen Anlage in der benachbarten Großstadt Yogyakarta realisiert werden, um ein Verständnis für die in der Planung der zweiten Anlage vorgesehenen Technologien zu vermitteln. Diese Demonstrationsanlage soll Studenten, Behörden und Unternehmen als Lernobjekt dienen und damit einen umfassenden Wissenstransfer ermöglichen. Somit sollen die Grundlagen für den eigenständigen Bau von weiteren, konzeptionell ähnlichen Wasserförderanlagen geschaffen werden.

In der vorliegenden Arbeit mit dem Thema *Planung einer wasserkraftbetriebenen Wasserförderanlage in Yogyakarta, Indonesien, unter Verwendung von PAT-Technologie und einer Holzdruckrohrleitung zur Energiegewinnung* wird eine Entwurfsplanung für eine Wasserkraftanlage gemäß dem oben genannten Konzept auf dem Campus der Universität Gadjah Mada in Yogyakarta, Indonesien erstellt. Zuerst werden eine Beurteilung des Standorts anhand von topographischen Vermessungen und Abflussmessungen sowie eine Beschreibung der Randbedingungen vorgenommen. Unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen werden anschließend die Strömungsmaschinen der Anlage ausgewählt. Dabei wird auf unterschiedliche Ausführungsvarianten für die Einheit aus PAT („Pump As Turbine“) und Förderpumpe eingegangen. Weiterhin wird eine Auswahl der anderen technischen Komponenten wie hydraulische Armaturen und Messgeräte getroffen und diese hinsichtlich ihrer Eigenschaften untersucht. Ferner wird der gewählte Rohrleitungsverlauf unter besonderer Beachtung des Holzdruckrohres zur Energiegewinnung sowie der zu errichtenden Bauwerke wie Ein- und Auslaufbecken, Maschinenhaus und Hochbehälter beschrieben. Abschließend werden Berechnungen zu hydraulischen Fragestellungen wie Strömungsverlusten, Kavitationssicherheit und Druckstoß durchgeführt. Sämtliche erarbeiteten Ergebnisse wurden in ein im Rahmen dieser Arbeit erstelltes vollständiges 3D-Modell der Anlage integriert, wodurch die weitere Planung erheblich vereinfacht wird.

## Auszüge aus dem 3D-Modell der Anlage



**Anlagenkonzept:** Eine seitliche Ausleitung aus einem Bewässerungskanal bildet das Oberbecken der Anlage. Von hier werden über das Holzdruckrohr **1** die Strömungsmaschinen im Maschinenhaus **2** der Anlage gespeist. Das von den PATs zur Energiegewinnung genutzte Wasser wird anschließend in ein Unterbecken abgegeben. Das von den Pumpen geförderte Wasser wird über eine Steigleitung dem Hochbehälter zugeführt. In einem separaten Testbereich **3** können verschiedene Experimente am Holzdruckrohr und an der Steigleitung durchgeführt werden.

**1 Holzdruckrohr:** Anders als klassische Beton- oder Stahlrohre werden Holzdruckrohrleitungen in einzelnen Holzteilen, sogenannten Dauben, an die Baustelle transportiert und vor Ort zusammengesetzt. Die Dauben werden mit außenliegenden Stahlspannrings verspannt. Aufgrund der geringen Abmessungen der einzelnen Bauteile sowie ihres geringen Gewichtes ist die Handhabung vergleichsweise einfach. Daraus resultieren auch finanzielle Vorteile bei der Herstellung. Dank der Flexibilität einer Holzrohrleitung lässt sie sich optimal an komplizierte topographische Bedingungen anpassen. Zudem liefert die Holzrohrleitung einen wichtigen Beitrag zum ökologisch nachhaltigen Wirtschaften im Rahmen des Klimaschutzes. Holzrohrleitungen eignen sich deshalb optimal für den Einsatz in Schwellen- und Entwicklungsländern.

Die hier verwendete Holzrohrleitung weist eine Länge von 29,5 m und einen Durchmesser von 500 mm auf.



Abb. 1: Erdverlegtes Holzdruckrohr im Bau



Abb. 2: Grundlagenforschung zur Holzrohrtechnologie am KIT



Abb. 3: Detail Spannschloss

**2 Maschinenhaus:** In diesem Gebäude befinden sich zwei unterschiedliche Fördermodule (A und B), bestehend aus jeweils einer PAT (blau) und einer Pumpe (grün). Um verschiedene Ausführungsvarianten vorzustellen, wurde ein Modul auf Effizienz (A) und eines auf Robustheit (B) ausgelegt. Hier befindet sich ebenfalls ein Schaltschrank, auf dem zur Überwachung der Anlage sowie zu Lehrzwecken mehrere Betriebsparameter wie die aktuellen Durchflüsse sowie die Drehzahlen der Maschinen elektronisch dargestellt werden (C).

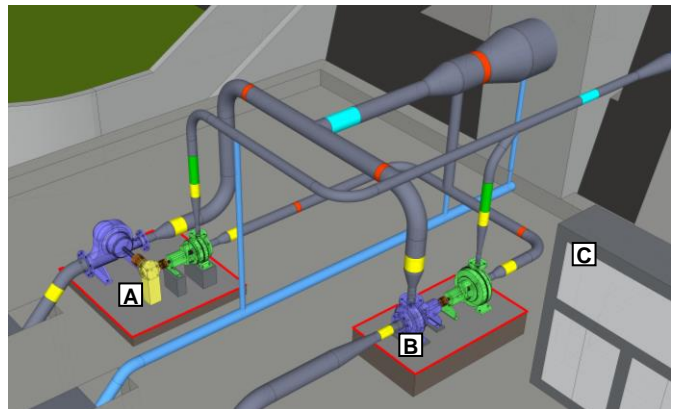


Abb. 4: Maschinenhaus mit PATs und Pumpen

**3 Testbereich:** Hier wird eine Zugangsmöglichkeit zur Steigleitung (blau) und zum Holzdruckrohr geschaffen. Mit dem zweiten Fließstrang der Steigleitung (A) wird dem Anlagennutzer die Möglichkeit zur Durchführung von Strömungsexperimenten mit verschiedenen Widerständen geboten. Die Auswirkungen auf die Fördermenge der Pumpen werden durch die Messeinrichtungen überwacht. Am Holzdruckrohr können Versuche bezüglich der Dichtigkeit der Rohrleitung und des Termitenschutzes durchgeführt werden. Zudem kann hier anschaulich die Bauweise des Rohres verdeutlicht werden.

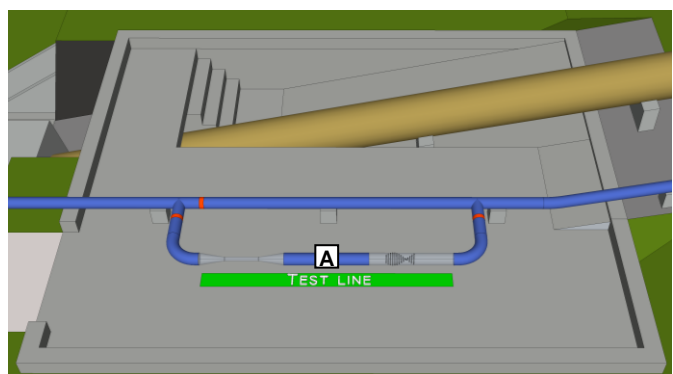


Abb. 5: Testbereich mit Steigleitung und Holzrohr

## Baubeginn Mai 2013



Abb. 6: Anfängliche Erdarbeiten am Oberbecken



Abb. 7: Nachfolgende Betonarbeiten



Abb. 8: Aushubarbeiten am Unterbecken

## Bauablaufplan 2013

- Aktuell: Erdarbeiten beendet  
Schalungs-, Bewehrungs-, und Betonarbeiten an Ober- und Unterbecken
- KW 25 bis 27: Errichtung des Holzdruckrohres
- KW 26 bis 29: Bau des Maschinenhauses und des Testbereiches sowie anschließende Installation der Fördermodule, Rohrleitungen und der elektronischen Messsysteme
- Ende Juli: Abschluss der Bauarbeiten, Anlagenübergabe an den indonesischen Projektpartner sowie Betreuung während und nach der Start-up Phase (Capacity Development)