

Integrales Monitoringkonzept an der Enguri Bogenstaumauer

Thomas Niederhuber¹, Birgit Müller¹, Thomas Röckel², Mirian Kalabegishvili³, Nino Tsereteli⁴, Bernd Aberle⁵, Matthieu Rebmeister^{6,9}, Andreas Schenk⁶, Jakob Weisgerber⁷, Malte Westerhaus⁷, Andreas Rietbrock⁸, Frank Schilling¹, DAMAST Team

¹Karlsruhe Institute of Technology, Institute of Applied Geosciences, Karlsruhe, Germany

²Piewak & Partner GmbH, Bayreuth, Germany

³Georgian Technical University, Hydraulic Department, Tbilisi, Georgia

⁴Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

⁵Geotechnik Aberle, Kelbra, Germany

⁶Karlsruhe Institute of Technology, Institute of Photogrammetry and Remote Sensing, Germany

⁷Karlsruhe Institute of Technology, Geodetic Institute, Karlsruhe, Germany

⁸Karlsruhe Institute of Technology, Geophysical Institute, Karlsruhe, Germany

⁹now at Leica Geosystems, Heerbrugg, Switzerland

In den letzten vier Jahren wurde an der Enguri-Talsperre in Georgien im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundprojekts DAMAST ein umfassendes Monitoring-System etabliert. Dieses System zielt darauf ab, langfristige Aussagen über die Integrität der Staumauer zu liefern. Hierfür wurden historische Daten, Betriebsdaten und neue Messungen zu einer Datensammlung zusammengeführt, die nun als Grundlage für weiterführende Analysen dient. Das Projekt kombinierte etablierte Techniken mit innovativen Messmethoden, die gegeneinander verglichen und dadurch validiert wurden. Durch den Einsatz von künstlicher Intelligenz strebt man die Entwicklung eines Prognose-Tools an, das den Echtzeit-Gefährdungsstand der Staumauer widerspiegelt.

Die Enguri-Talsperre zählt mit ca. 270 m Höhe zu den weltweit höchsten Bogenstaumauern weltweit und befindet sich am gleichnamigen Fluss Enguri im Nordwesten Georgiens. Die Wasserstände im Stausee Jvari schwanken um mehr als 100 m im Jahr. Ein 15 km langer Drucktunnel verbindet den Stausee mit dem Kraftwerk in Abchasien. Das Kraftwerk, 1978 erstmals in Betrieb genommen, spielt eine entscheidende Rolle in der sicheren Energieversorgung von Abchasien und Georgien und ist daher auch geopolitisch von großer Relevanz. Um dessen Integrität auch in Zukunft gewährleisten zu können, wurden im Rahmen des DAMAST-Projekts umfassende Messkampagnen und Analysen durchgeführt.

Historische Daten wurden digitalisiert und neu prozessiert, während Daten des Talsperrenbetreibers zu Reservoir-Wasserspiegel, Piezometer, Strain-Meter und Senklot eingeholt wurden. Zusätzlich wurden neue, kampagnenbasierte und langfristige Messungen durchgeführt, darunter terrestrische Laserscan Messungen von Staumauerverschiebungen, Charakterisierung des Sedimenthaushalts im Reservoir, Spannungsmessungen im Untergrund, seismische Daten, meteorologische Daten und weitere.

Durch die Integration historischer Daten, Betreiberdaten und Messdaten entstand eine umfassende Datensammlung, die als Grundlage für analytische, numerische und statistische Berechnungen sowie für Anwendungen neuronaler Netze (KI-Methoden) dient. Innovative Ansätze und Messmethoden, wie der Einsatz von Ground Based Sar GB-SAR) zur präzisen räumlichen Bestimmung der Staumauerdeformation sowie die Implementierung eines DAS (Digital Acoustic Sensing) Systems in Analogie zu einer Seismometerkette, wurden erfolgreich etabliert. Diese, in Verbindung mit interdisziplinären Herangehensweisen, ermöglichen ein umfassendes Monitoring der Staumauer und deren Reaktion auf Wasserspiegeländerungen.

Das seismische Monitoring erlaubt eine genaue räumliche und zeitliche Erfassung der Beben, die hauptsächlich in Tiefen von 5 km stattfinden und es zeigte insbesondere eine starke Seismizität im Bereich des Gali Reservoirs, das unterhalb des Kraftwerks der Enguri Talsperre liegt und weniger eine Seismizität im Bereich der Enguri Staumauer.

Mithilfe der geomechanischen Beobachtungen konnten u.a. die Wasserverluste von mehr als 10 m³/s im Verlauf des Drucktunnels, umfangreiche Sanierungsarbeiten im Jahr 2021 erforderlich, erklärt werden. Das numerische Modell stimmte mit den Verschiebungen von GNSS Stationen am West- und Ostufer des Jvari-Reservoirs bei hohen bzw. niederen Wasserständen überein.

Geringe Wasserstände bewirken eine Mobilisierung der Sedimente am Nordrand des Reservoirs, welche Richtung Talsperre transportiert werden und dort zu signifikanter Sedimentation führen. Dies wurde durch wiederholte

Bathymetrische Messungen detailliert erfasst. In Kombination mit Sedimentcharakterisierung erlaubte dies morphodynamische Modellierungen des Gesamtsystems. Im Ergebnis wurde gezeigt, dass die Sedimentation die Laufzeit des Kraftwerkbetriebs wesentlich verkürzt.