

# Koordinierte Talsperrensteuerung am Nil in einem politisch sensitiven Umfeld

Im Nileinzugsgebiet, insbesondere im östlichen Nil, befinden sich eine Reihe großer Stauanlagen. Entlang des Blauen Nils liegen die Dämme Roseires und Sennar, im weiteren Verlauf stromabwärts, nach der Vereinigung mit dem Weißen Nil, befinden sich der Merowe- und der High-Aswan-Damm. Das aggregierte Stauvolumen aller vier Staudämme beträgt  $182 \text{ km}^3$ . Ergänzt werden die Anlagen am Blauen Nil durch den im Bau befindlichen Grand-Ethiopian-Renaissance-Damm (GERD). GERD wird nach Fertigstellung ein Stauvolumen von  $74 \text{ km}^3$  besitzen. Zum Vergleich: das jährliche Abflussvolumen des Blauen Nils liegt bei ca.  $54 \text{ km}^3$ . Es gibt weitere Stauanlagen im Tekeze-Atbara-Gebiet sowie umfangreiche Planungen für Talsperren im Oberlauf des Blauen Nils, in der Baro-Sobat-Akobo-Region und im Südsudan. Insgesamt werden weit mehr als  $300 \text{ km}^3$  Stauvolumen entstehen. Diese Konstellation ist aus wasserwirtschaftlicher Sicht von Bedeutung und birgt politisch ein Konfliktpotenzial. Die Nilbeckeninitiative hat deshalb ein Projekt zur länderübergreifenden Koordination der Stauanlagenbewirtschaftung initiiert.

Hubert Lohr und Michael Abebe

## 1 Das Nileinzugsgebiet

Der Nil entwässert ein Gebiet von 3,18 Mio.  $\text{km}^2$ , aufgeteilt auf 11 Länder. Charakteristisch für sein Einzugsgebiet sind die hohe klimatische Diversität und eine ausgeprägte Ungleichverteilung der Wasserressourcen. Im äthiopischen Hochland fallen pro Jahr im Durchschnitt mehr als 2 100 mm Niederschlag. Nördlich von Khartum werden Niederschläge von weniger als 300 mm gemessen, die in der Grenzregion zwischen Ägypten und dem Sudan auf nahezu 0 mm zurückgehen. Dort liegt auch das Gebiet mit der höchsten jährlichen Verdunstung von über 2 400 mm. Nur wenige Gebiete im gesamten Nil-Einzugsgebiet generieren tatsächlich Oberflächenabfluss. Im Wesentlichen sind dies das äthiopische Hochland und die Hochplateaus in der Seenregion am Äquator.

Der Weiße Nil, aus der Seenregion am Äquator kommend, liefert 15 % des jährlichen Gesamtabflusses (**Bild 1**). Bedingt durch die Speicherung in den Seen und durch die Abflussdämpfung im Sudd, einem der größten Feuchtgebiete der Erde,

besitzt er eine relativ gleichbleibende Abflussverteilung über das Jahr. Der Blaue Nil, aus dem äthiopischen Hochland kommend, liefert 85 % des Jahresabflusses. Annähernd 85 % des jährlichen Abflusses entstehen in nur vier Monaten der Regenzeit (Juli bis Oktober).

Die saisonale Verteilung der Abflüsse ist in **Bild 2** dargestellt.

## 2 Wassernutzung und Staudämme

In der Vereinbarung von 1959 (Nile Waters Agreement) [1] wurde die Wassernutzung des Nils zwischen der Republik Sudan sowie der Vereinigten Arabischen Republik (heute Ägypten) festgelegt und stellt bis dato ein gültiges Dokument dar, zumindest aus Sicht von Ägypten. In diesem Dokument wird festgehalten, dass nach Inbetriebnahme des Assuan-Staudamms das gesamte Nilwasser von  $84 \text{ km}^3$  pro Jahr für die Nutzung zwischen den beiden beteiligten Ländern aufgeteilt wird, und zwar  $18,5 \text{ km}^3$  für den Sudan und  $55,5 \text{ km}^3$  für Ägypten, ein durchschnittliches Abflussjahr und  $10 \text{ km}^3$  Verlust vorausgesetzt. Hinzu kommt ein Dokument aus dem Jahr 1929, welches zwischen Großbritannien, in Vertretung seiner Kolonien, und Ägypten vereinbart wurde [2]. Darin wurde festgelegt, dass im gesamten Nilgebiet ohne die Zustimmung Ägyptens weder Bewässerung noch Wasserkraft betrieben werden darf, falls dies die Interessen Ägyptens beeinträchtigen könnte. Es ist nachvollziehbar, dass die von einer selbstständigen Wassernutzung ausgeschlossenen Länder diesen Dokumenten weniger Bedeutung zumessen als Ägypten dies tut.

Der Widerstand der restlichen Anrainerstaaten gegen die Vereinbarung von 1929 und 1959 wuchs nach Erlangung ihrer Unabhängigkeit. Eine Wassernutzung wurde Schritt für Schritt in Form von Wasserkraft umgesetzt, jedoch ohne nennens-

### Kompakt

- Gemäß der Vereinbarung aus dem Jahre 1959 wird die Nutzung des Nilwassers auf die Länder Ägypten (75 %) und Sudan (25 %) aufgeteilt.
- Mit dem Bau und den Plänen für Staudämme in den restlichen Niländern ist ein neues Konfliktpotential entstanden.
- Die Nilbeckeninitiative hat die länderübergreifende Bewirtschaftung der Talsperren zu einem zentralen Thema gemacht, welches von der EU und Deutschland unterstützt wird.

### 3 Talsperrenbewirtschaftung heute

Vereinfacht gesprochen funktioniert die Bewirtschaftung der Talsperren nach sogenannten Zielinhaltskurven, die den Zielinhalt über das Jahr festlegen. Es gibt eine Füllungsphase, die meist erst gestartet wird, wenn im Zulauf die Sedimentkonzentration und der Abfluss bestimmte Grenzwerte unterschreiten. Dies ist erst in der bereits abklingenden Regenzeit der Fall. In der anschließenden Trockenzeit erfolgt das Abfahren gemäß den Anforderungen aus Bewässerung, Energiegewinnung und evtl. Mindestabgaben.

Der organisatorische Rahmen in den Ländern ist ähnlich. Ein zentrales Komitee ist in jedem Land für die übergeordneten Entscheidungen zur Talsperrensteuerung zuständig. Aus der Abschätzung des

Abflusses aus der Regenzeit erfolgt eine Beurteilung, ob und in welchem Maße eine Anpassung der Zielinhaltskurven erfolgen sollte. Eine Koordination der Abgaben aus den Talsperren innerhalb eines Landes erfolgt dabei aber nicht zwingend.

Aus Sicht der Länder gelten als Herausforderung für die Talsperrenbewirtschaftung die extreme Variabilität des Abflusses am Blauen Nil, der Mangel an ausreichend langen und zuverlässigen Vorhersagen, die Sedimentfracht, unzureichende Software für die komplexe Verbundsteuerung und fehlender Informationsaustausch zwischen den Ländern. Zusätzlich zeigen Projektionen des Wasserbedarfs und Klimaszenarien, dass in naher Zukunft eine Unterversorgung mit gleichzeitig weiter zunehmender Ungleichverteilung der Wasserressourcen droht. Der Wasserbedarf soll bis 2025 um 40 % und bis 2035 um 65 % ansteigen, während das Wasserdargebot abnimmt. Die strategische Analyse der Wasserressourcen im Nilgebiet [4] identifizierte eine Reihe von Gegenmaßnahmen, u. a. wie die Koordination des Talsperrenbetriebs. Mit Blick auf die länderübergreifende Talsperrenbewirtschaftung gibt es aber folgende Barrieren (aus [3]):

- Uneinheitliches Verständnis von Betriebsregeln.
- Fehlende Regularien für die Evaluierung, Genehmigung und Fortschreibung von Betriebsregeln.
- Inhomogene Qualifikation und keine Standards in der Ausbildung.

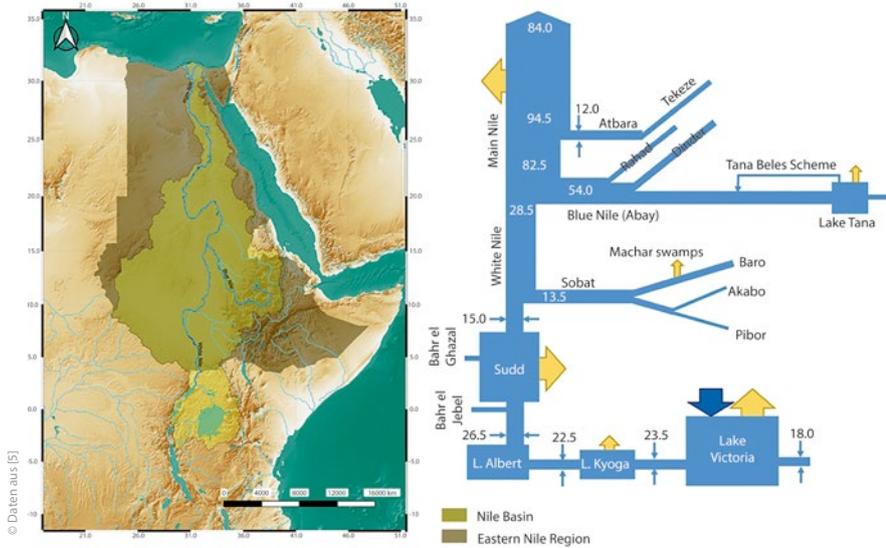


Bild 1: Einzugsgebiet und Abfluss des Nils

werte Speicherung. Der natürliche Auslass am Viktoriasee wurde in eine Stauregelung umgebaut. So kann Uganda den Durchfluss im Unterlauf (Victoria Nile) zur Energiegewinnung steuern. Dabei gilt die Regelung, dass das natürliche Abflussregime einzuhalten ist. Eine Vereinbarung zwischen Uganda und allen anderen Anrainern am Viktoriasee ist dazu in Kraft.

Vom Albertsee stromabwärts bis zum Jebel-Aulia-Damm gibt es keine Stauanlagen mehr, jedoch wirkt der Sudd im Südsudan als Wasserspeicher und Sedimentfalle. Im Sudd entstehen Wasserverluste in Höhe von ca. 50 %. Aus diesem Grund entstand die Idee, einen Kanal (Jonglei-Kanal) am Sudd vorbei zu bauen. Der Bau wurde auch tatsächlich 1980 begonnen, aber aufgrund politischer Komplikationen nie beendet.

In Äthiopien wurde mit der Wasserkraftnutzung im Einzugsgebiet des Blauen Nils begonnen. Die größten Anlagen sind der Tekeze-Staudamm im Oberlauf des Flusses Atbara und das Tana-Beles-Scheme, welches Wasser aus dem Tanasee entnimmt.

Im Sudan gibt es 6 Stauanlagen: Sennar- und Roseires-Damm am Blauen Nil, Khashm el Girba und Upper Atbara am Atbara, Jebel Aulia am Weißen Nil und stromabwärts den Merowe-Damm. Mit Ausnahme des Merowe-Staudamms dienen alle in erster Linie der Bewässerung.

In Ägypten speist der Nil den Assuan-Hochdamm, der mit ca. 70 km<sup>3</sup> der mit Abstand größte Staudamm im gesamten Nilbecken ist.

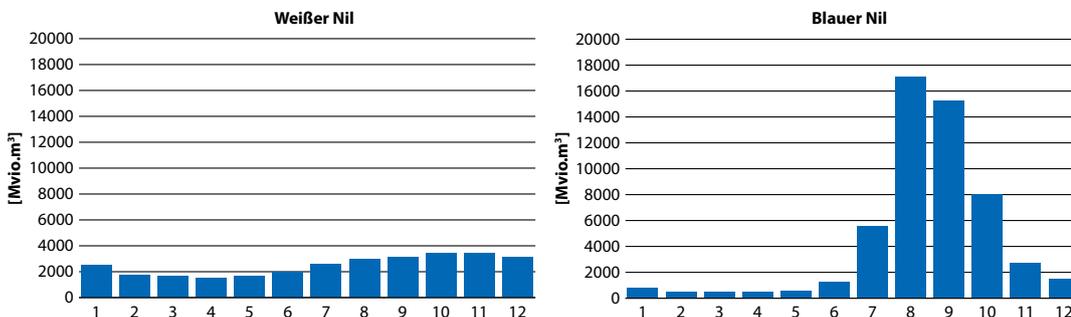


Bild 2: Saisonale Verteilung der Abflüsse des Weißen und Blauen Nils

- Erhobene Messdaten an den Talsperren werden nicht für Auswertungen verwendet.
  - Datenaustausch über Ländergrenzen hinweg findet nicht statt.
- Eine zentrale Hürde aber ist die Unklarheit, was Koordination überhaupt ist. Ein einheitliches Verständnis ist Voraussetzung für die gegenseitige Anerkennung von Leistungen auf dessen Basis über Gewinnteilung, Kompensation etc. nachgedacht werden kann. Häufig wird von Unterliegern argumentiert, dass Abgaben von Oberstrom nur dann Koordination und somit kompensationsfähig seien, wenn diese keinen Vorteil für den Oberlieger darstellen, da der Oberlieger diese Abgaben ja sowieso tätigen würde. Für den Oberlieger wiederum ist das Verlassen seines lokalen Optimums zugunsten der Ziele des Unterliegers zu vage, da er auf die Anerkennung der Leistung durch den Unterlieger angewiesen ist.

#### 4 Das Konzept zur koordinierten Talsperrensteuerung

##### 4.1 Entwicklung eines Plans für die zukünftige Entwicklung

Mit dem Wissen um den politischen Sprengstoff der in Bau oder in Planung befindlichen Talsperren initiierte die Nilbeckeninitiative 2016 die Erstellung eines Plans, welcher die Länder Ägypten, Äthiopien, Sudan und Süd-Sudan zur Entwicklung eines koordinierten Talsperrenbetriebs begleiten soll. Der mit den Ländern abgestimmte Plan nennt fünf Säulen als wesentliche Elemente für den Weg zur koordinierten Bewirtschaftung:

1. Die Entwicklung und Evaluierung von Win-Win-Situationen.
2. Entwicklung eines einzugsgebietsweiten hydrologischen Vorhersagesystems.
3. Ein gemeinsamer Rahmenplan zur Talsperrensicherheit.
4. Harmonisierung der Prozesse, Regularien und Vorschriften zum Talsperrenbetrieb.
5. Training und Weiterbildung.

Der Übergang von einer lokalen Perspektive zu einem Talsperrenverbundsystem mit übergeordneten Betriebsregeln und Zielsetzungen ist nur schrittweise zu erreichen. Es ist notwendig, Szenarien mit Koordinierung als abgestuften Prozess aufzuzeigen. Drei Stufen der Zusammenarbeit kommen dabei zum Einsatz:

- Informationsaustausch als erste Stufe einer Kooperation,

- Zusammenarbeit auf Basis von nationalen Zielen mit gegenseitiger Unterstützung,
- Volle Kooperation mit gemeinsamen Zielen und Gewinnteilung.

Informationsaustausch ist der erste Schritt der Zusammenarbeit. Technisch gesehen ist dies im Zeitalter von Internet einfach, jedoch muss der politische Wille vorhanden sein, dies auch umzusetzen. Im nächsten Schritt ist eine gegenseitige Unterstützung auf Basis von immer noch national ausgerichteten Betriebsplänen anzustreben. Ein Beispiel ist die Zusammenarbeit während außergewöhnlichen hydrologischen Situationen. Der finale Schritt ist eine Verbundsteuerung mit systemübergreifenden Zielen, eine zentralisierte Entscheidungsstruktur und eine Regelung, wie Gewinne und Verluste, aufgeteilt werden.

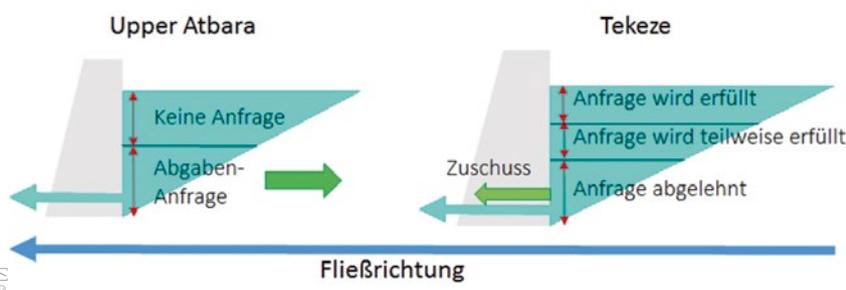
In diesem Prozess kommt es darauf an, klare Regeln von Anfang an einzuführen. Es benötigt abgestimmte Indikatoren, die die Zielerreichung aufzeigen, und zwar hydrologisch wie ökonomisch. Es bedarf eines Basisszenarios als Maßstab für einen Vergleich. Es ist sinnvoll naturnahe hydrologische Bedingungen zu simulieren, um die Abweichung verschiedener Szenarien vom natürlichen Abflussregime bewerten zu können. Dies ist dann besonders wichtig, wenn große Überjahresspeicher vorhanden sind, die in der Lage wären, das natürliche Abflussregime neu zu formen. Dies ist am Blauen Nil der Fall.

Modellierung spielt eine wichtige Rolle. Dabei muss hydrologische Modellierung mit ökonomischer Modellierung gekoppelt werden. Als Modellierungswerkzeug inklusive ökonomischer Modellierung wird Talsim-NG [6] eingesetzt. Die besten Szenarien und Regeln werden später in Riverware [7] überführt.

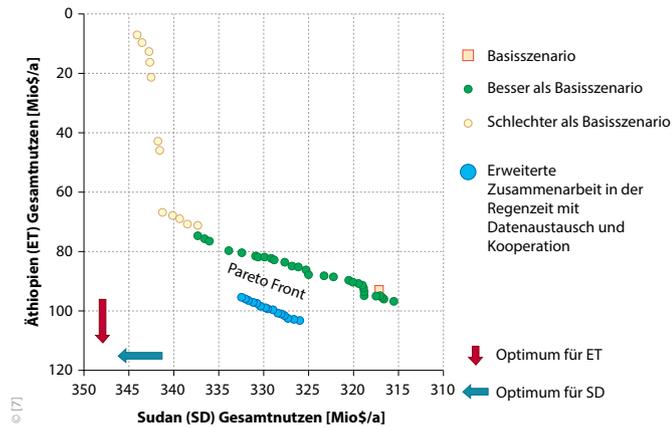
##### 4.2 Beispiel eines Szenarios

Die Szenarien sind dann überzeugend, wenn je Land Gewinn und Verlust aufgezeigt werden, mit und ohne Koordination. Dafür ist eine multikriterielle Optimierung mit Darstellung einer Paretofront sehr hilfreich. Verschiedene Szenarien sind umgesetzt worden bzw. sind in der Umsetzung, die nur auf Informationsaustausch beruhen, einfache Kooperation mit lokalen Zielen zeigen und systemübergreifende Verbundsteuerung beinhalten. Die Steuerung von GERD, insbesondere seine Füllung, im Zusammenspiel mit der Versorgungssicherheit für Ägypten, ist dabei der mit Abstand sensitivste Punkt.

Am Beispiel einer einfachen Abgaben-Anfrage-Regel zwischen Upper Atbara und dem Tekeze-Damm kann der Vorteil der Zusammenarbeit demonstriert werden (**Bild 3**). Das Szenario beschreibt die Stufe zwei der Koordination. Die Regel sieht vor, dass Upper Atbara eine Anforderung für zusätzliche Abgaben an den Tekeze-Damm stellt, wenn der Wasserstand unter einen bestimmten Schwellwert fällt. In Abhängigkeit des aktuellen Wasserstandes im Tekeze-Damm werden die Anforderungen durch zusätzliche Abgaben erfüllt oder nicht. Somit gibt es auch im oberstrom gelegenen Staudamm einen Grenzwert.



**Bild 3:** Illustration einer einfachen Abgaben-Anfrage-Regel oder Vereinbarungsregel



**Bild 4:** Multikriterielle Optimierung und Darstellung der Paretofront (SD = Sudan, ET = Ethiopia)

Diese Abgaben-Anfrage-Regel benötigt keinen übergreifenden Betriebsplan. Einzig die Schwellenwerte sind je Talsperre festzulegen. Die Regel ist transparent und erlaubt eine direkte Zuordnung zu geldwerten Vor- bzw. Nachteilen. Eine Optimierung mit Hilfe der Evolutionsstrategie wurde durchgeführt. Als Ziele wurden der Gewinn aus Wasserkraft für den Tekeze-Damm (Äthiopien) und die Gewinne aus Wasserkraft plus Bewässerung minus Verluste bei Unterversorgung für den Upper Atbara (Sudan) verwendet.

**Bild 4** zeigt die Paretofront der multikriteriellen Optimierung. Die Verluste an Wasserkraft am Tekeze-Damm werden bis zu einem gewissen Punkt überkompensiert durch die Gewinne am Upper Atbara. Dies ist allein auf die Unterstützung durch Kooperation zurückzuführen. Allerdings bricht ab einem bestimmten Punkt der Ertrag am Tekeze-Damm ein (hellgelbe Punkte) und der Gesamtgewinn liegt unter dem des Basisszenarios. Verwendet wurde ein Simulationszeitraum von 1966 bis 2014 mit historischen Abflüssen und prognostiziertem Wasserbedarf für das Jahr 2025. Als Simulationsmodell wurde Talsim-NG [6] verwendet.

## 5 Zusammenfassung

ENTRO unterstützt die Niländer, um in Zukunft eine Koordination der Bewirtschaftung der Talsperren zu erreichen. Dies ist dringend geboten, um absehbare Konflikte um Wasserressourcen zu minimieren. In dem in 2016 entwickelten Plan [3] ist ein Konzept entwickelt worden, welches einen praktikablen Weg hierzu aufzeigt. Um in einem politisch sensitiven Rahmen Erfolge zu erzielen, muss eine sehr stabile Vertrauensbasis geschaffen werden. Dies gilt aus Sicht der Länder zum Consultant, aber auch zwischen den Ländern.

Mit Hilfe von Szenarien, die unterschiedliche Ansätze der Kooperation zeigen und diese hydrologisch und ökonomisch auswerten, ist Überzeugungsarbeit zu leisten.

Die aktuelle Arbeit zeigt, dass Kooperation direkt in den Betriebsregeln sichtbar werden muss. Die gekoppelte Modellierung von Hydrologie und Ökonomie ist essentiell. Da der größte Mehrwert für alle Länder jedoch dann entsteht, wenn das natürliche Abflussregime eliminiert wird, spielt die Bewertung der Ökologie

eine besondere Rolle. Wenn diese Aspekte umgesetzt und Koordination als interessanter Weg aufgezeigt wird, kann koordinierte Bewirtschaftung der Talsperren zur Stabilität der Region beitragen.

### Dank

Das Projekt wird finanziert von der EU und dem BMZ durch die GIZ. An dieser Stelle möchte ich dem Koordinator der GIZ, Dr. Malte Grossmann, für die Unterstützung danken, sowie den Kollegen der NBI und ENTRO, vor allem Michael Abebe als Projektleiter bei ENTRO und Dr. Abdulkarim Seid vom Nile-SEC.

### Autoren

**Dr.-Ing. Hubert Lohr**

SYDRO Consult GmbH

Mathildenplatz 8, 64283 Darmstadt

h.lohr@sydro.de

**Michael Abebe**

Eastern Nile Technical Regional Office (ENTRO)

Addis Ababa, Äthiopien

### Literatur

- [1] FAO (Hrsg.): Treaties concerning the non-navigational uses of international watercourses - Africa. 37. Agreement between the Republic of the Sudan and the United Arab Republic for the full utilization of the Nile waters signed at Cairo, 8 November 1959. 1997.
- [2] IWLP (Hrsg.): Exchange of Notes between Her Majesty's Government in the United Kingdom and the Egyptian Government on the Use of Waters of the Nile for Irrigation, signed at Cairo, on 7 May 1929 ([www.internationalwaterlaw.org](http://www.internationalwaterlaw.org), Abruf 31.12.2018).
- [3] Lohr, H.: Roadmap for Coordinated Operation of Transboundary Cascade Dams in Eastern Nile. Eastern Nile Technical Regional Office, Nile Basin Initiative, Addis Ababa, Ethiopia, 2016.
- [4] Nile Basin Initiative (Hrsg.): Strategic water resources analysis of the Nile. Entebbe, 2018.
- [5] Nile Basin Initiative (Hrsg.): Nile Decision Support System (Nile DSS).
- [6] SYDRO (Hrsg.): Talsim-NG, Flussgebietsmodellierung und Speicherbewirtschaftung.
- [7] Lohr, H.: Development of scenarios for coordinated operation of cascade of dams in the Eastern Nile. Eastern Nile Technical Regional Office, Nile Basin Initiative, Addis Ababa, Ethiopia, 2018.

Hubert Lohr and Michael Abebe

#### **Coordinated reservoir operation of cascade dams in the Nile basin in a politically sensitive environment**

The Nile Basin, in particular the Eastern Nile sub basin, is home to a number of large dams. There are four existing cascade dams situated along the Abay/Blue Nile-Main Nile (Roseires, Sennar, Merowe and High Aswan Dam) with an aggregated storage capacity of 182 BCM. This is complemented by the ongoing construction of the Grand Ethiopian Renaissance Dam (GERD) at Blue Nile in Ethiopia with a storage capacity of 74 BCM, compared to 54 BCM annual flow of the Blue Nile. There are also three cascade dams along the Tekeze-Atbara Rivers and other dams are in the pipeline in Ethiopia and South Sudan. In total, more than 300 BCM storage volume are planned. As a result, coordinated reservoir operation is not only crucial for an equitable use of water resources but also implies a high potential for political conflicts. Having this in mind, the Nile Basin Initiative has initiated a project to establish transboundary reservoir operation.