



Betrieb der Staustufen an Wolga und Rhein - Energiewasserwirtschaft und Ökologie

Dipl.-Ing. Rebekka Rupprecht; Dipl.-Ing. Swantje Dettmann; Dr.-Ing. Peter Oberle;

Auftraggeber:

Bundesministerium für
Bildung und Forschung



IWG:

Bearbeitung: Dipl.-Ing. R. Rupprecht
Dipl.-Ing. S. Dettmann

Koordination: Dr.-Ing. P. Oberle

Projektpartner:

Voith Siemens Hydro Power
Generation & Co. KG



Bearbeitung: Dipl.-Ing. S. Brausewetter

Koordination: Dr.-Ing. E. Kopf

Zusammenfassung

Am Institut für Wasser und Gewässerentwicklung wurde ein Tool zur Simulation einer automatisierten Staustufenregelung entworfen. Hierfür wurde das instationäre 1D-Verfahren STReAM entwickelt, das zur hydrodynamisch-numerischen Strömungssimulation eingesetzt wird und welches sich mittlerweile in zahlreichen Projekten in der Praxis bewährt hat. Zudem lässt sich die Berechnungseinheit von STReAM in die technisch-wissenschaftliche Entwicklungsumgebung von MATLAB/Simulink in Form so genannter S-Functions einbinden und mit (am IWG entwickelten sowie MATLAB/Simulink-eigenen) Automatisierungsfunktionen koppeln. Hiermit steht ein Werkzeug zur Verfügung, mit dem verschiedene Regelungsstrategien entworfen sowie deren Auswirkungen auf die maßgeblichen hydraulischen Größen im gesamten Stauraum simuliert werden können.

Um die teils konträren Nutzungsanforderungen an staugeregelte Fließgewässer zu erfüllen, ist eine geeignete Regelungsstrategie für den spezifischen Stauraum zu verwenden. Es existieren verschiedene Regelungskonzepte mit und ohne Störgrößenaufschaltung, die derzeit in der Praxis eingesetzt werden. Beispielsweise ist bei der OW/Q-Regelung der aus der Stauhaltung abzugebende Abfluss abhängig vom Wasserstand am Wehr sowie vom Zufluss in die Stauhaltung (= Störgröße).

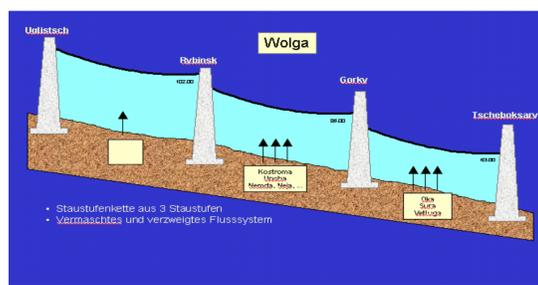
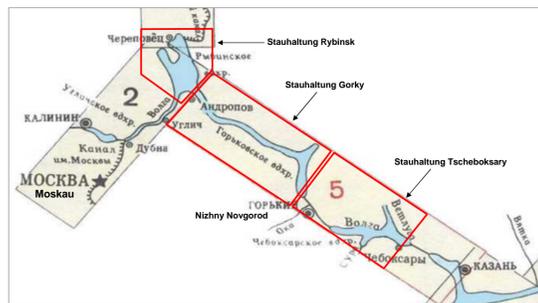
Mit dem Ziel einer verbesserten Regelung, bei welcher schwankende Zuflüsse möglichst gleichmäßig in die nächste Stauhaltung weitergegeben werden sollen, wurden mehrere innovative Regelungskonzepte untersucht. Es zeigte sich, dass an Stauhaltungen mit dynamischer Stauraumcharakteristik, wie es beispielsweise am Hochrhein der Fall ist, das Ergebnis der OW/Q-Regelung durch die zusätzliche Ober-Oberlieger-Aufschaltung verbessert werden konnte. Bei diesem neuen Regelungskonzept geht in die Abflussermittlung - zusätzlich zum Zufluss in die zu regelnde Stauhaltung - auch der Zufluss in die oberliegende Stauhaltung ein. Durch diese Zusatzinformation können starke Zuflussschwankungen frühzeitig erkannt werden, was ein schnelles Gegenregeln und somit eine Abflussvergleichmäßigung ermöglicht. An den Wolga-Stauhaltungen, die ein deutlich trägeres Stauraumverhalten aufweisen als die Stauhaltungen am Hochrhein, liefern konventionelle Regelungskonzepte ohne Störgrößenaufschaltung (Stauzielregelung) sehr gute Ergebnisse.

Ziele

- Effiziente Bewirtschaftung der Stauräume
- Optimale Erfüllung verschiedener Nutzungsanforderungen:
 - Wasserkraft
 - Schifffahrt
 - Hochwasserschutz
 - Ökologie
- Automatisierter Betrieb von Staustufenketten



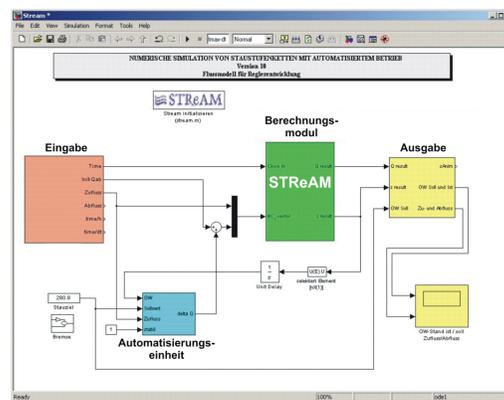
Nutzungsanforderungen an ein staugeregeltes Gewässer



Stauhaltungskette an der Wolga

Aufbau des Simulationssystems

- Baustein 1: Stauraummodell STReAM: Hydrodynamisch-numerisches Modell (HN-Modell) des Stauraumes zur Simulation der Abflussverhältnisse (instationär)**
- Baustein 2: Automatisierungsfunktionen zur Ansteuerung der Kontrollbauwerke mit Angabe der zeitvariablen Abflüsse an der Stauanlage in Abhängigkeit des Prozesszustandes und der Betriebsfallvorgabe, in MATLAB/Simulink mit STReAM koppelbar**
- Baustein 3: Optimierung (Regelgütekriterien)**

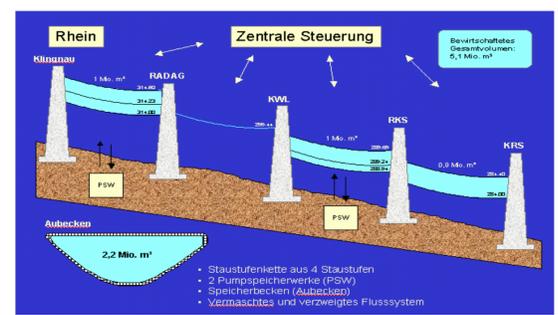
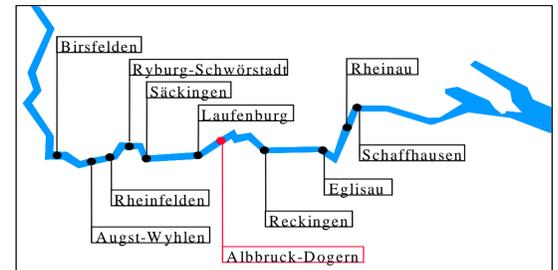


Kopplung von STReAM mit Automatisierungsfunktionen unter MATLAB / Simulink

STReAM Simulation Tool for Riversystems Analysis and Management



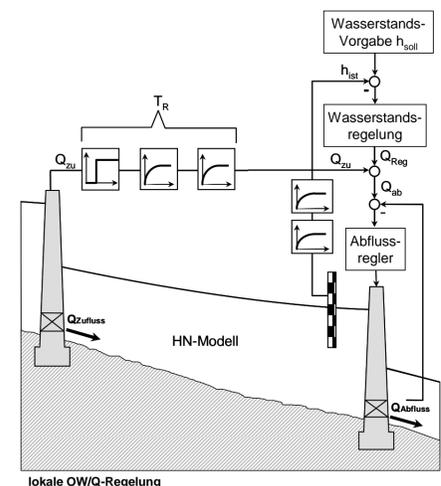
- Berechnung instationärer Strömungsverhältnisse in verzweigten und vermaschten Flusssystemen
- Approximation der Saint-Venant-Gleichungen mittels des Preissmann-Schemas (implizites Differenzenverfahren)
- Objektorientierter Ansatz und modulare Struktur (C++)
- Definition von Schnittstellen zur Anbindung und Kopplung mit anderen/fremden Bibliotheken
- Plattform-Unabhängigkeit (Windows / Unix / Linux)
- XML-Datengrundlage



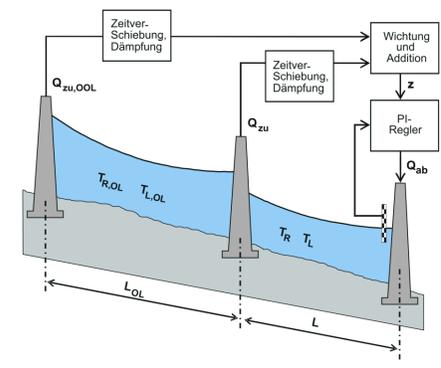
Stauhaltungskette am Hochrhein

Automatisierungsfunktionen

- Einsatz lokaler Wasserhaushaltsregler
 - Abflussregelung
 - Stauzielregelung
 - OW/Q-Regelung
 - Antizipation
 - A/Q-Regelung
- Einsatz übergeordneter Funktionen
 - Zentrale Steuerung
 - Verteilte Systeme
 - Regelung mit Ober-Oberlieger-Aufschaltung



lokale OW/Q-Regelung



übergeordnete Regelung mit Ober-Oberlieger-Aufschaltung