

# Makromodellierung, ein Hilfsmittel zur Unterstützung des Wassermanagements in einer Megastadt

Msc.Ing. **G. Robleto**, ifak e.V. Magdeburg, gloria.robleto@ifak.eu  
Dr. Dipl.-Math. **M. Schütze**, ifak e.V. Magdeburg, manfred.schuetze@ifak.eu  
Dr.-Ing. **J. Alex**, ifak e.V. Magdeburg, jens.alex@ifak.eu

## Kurzfassung

Dieser Beitrag stellt ein neues Softwarewerkzeug zur Unterstützung des Wassermanagements in einer Megastadt in einer integrierten Form dar. Dieses Werkzeug basiert auf der Modellierung von Stoffströmen (beispielweise Wasser, Abwasser und Frachten) und Energie. Die Verschaltung von verschiedenen Modulen (welche einzelne Teilwassersysteme darstellen) erlaubt die Analyse und Darstellung des gesamten Wassersystems in einer integrierten Form. Anwendungen des Programms auf andere Städte mit ähnlichen Herausforderungen sind aufgrund seiner hohen Flexibilität möglich.

Gelöscht:

## 1. Einleitung

Planung und Management von komplexen Wassersystemen in einer integrierten Form stellen eine große Herausforderung dar. Wichtig ist die Betrachtung der Interaktionen unter verschiedenen Aspekten, wie beispielsweise den technischen, ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten der Nachhaltigkeit.

Als Konsequenz aus der Bevölkerungsentwicklung, den Auswirkungen des Klimawandels und der Umweltzerstörung hat die Entwicklung von Strategien und Maßnahmen (die als Leitlinien für eine nachhaltige Planung und Management von Wassersystemen nützlich sein können) in den letzten Jahre besondere Aufmerksamkeit gewonnen. Modellierung, mathematische Simulation und Optimierungsmethoden innerhalb eines interaktiven Softwarewerkzeugs können eine gemeinsamen Grundlage für Planer und Manager darstellen, um die Auswirkungen von Planungsentwürfen oder Managementstrategien (bevor sie in der Realität implementiert werden) beurteilen zu können [1].

Es gibt eine große Anzahl von Softwarewerkzeugen, die die Planung und das Management von Wasserressourcensystemen unterstützen [1]. In der Regel betrachten diese Werkzeuge nur einzelne Teilsysteme (z.B. Trinkwassernetz, Abwassernetz, Flusseinzugsgebiet, etc.). Des weiteren wird im vorliegenden Projekt eine große Flexibilität des Simulationssystems benötigt. Darum wird der Simulator „LiWatool“ entwickelt.

## 2. Darstellung des Werkzeugs

Dieser Beitrag stellt die Entwicklung und die Anwendung des Programms „LiWatool“ zur Unterstützung des Wassermanagements in der Megastadt Lima vor. LiWatool ist ein Makromodellierungsprogramm, welches vom ifak\* entwickelt wird. Hauptziel des Systems LiWatool ist die Unterstützung von Planung und Management urbaner Wasser- und Abwassersysteme, hier am Beispiel von Lima. Lima liegt an der Pazifikküste Perus. In der Stadt leben acht Millionen Menschen. In dieser Wüstenstadt fällt praktisch kein Niederschlag (ca. 9 mm/Jahr). Aus diesem Grund ist die Wasserversorgung der Stadt von den Niederschlägen und Gletschern in den Andenregionen abhängig [2]. Allerdings sind diese Quellen vom Klimawandel in besonderer Weise betroffen.

In der aktuellen Version von LiWatool wurden viele Module für die wichtigsten Elemente urbaner Wassersysteme entwickelt (z.B. Module für die Darstellung von Stadtteilen, von Reinigungsverfahren, etc.), die einen angemessenen Detaillierungsgrad für eine makroskopische Betrachtung aufweisen. Die Modellierung der Wasser- und Stoffströme erfolgt als Stoffstromnetzwerk. Abbildung 1 zeigt, dass einzelne Teile des Wasser- und Abwasser-

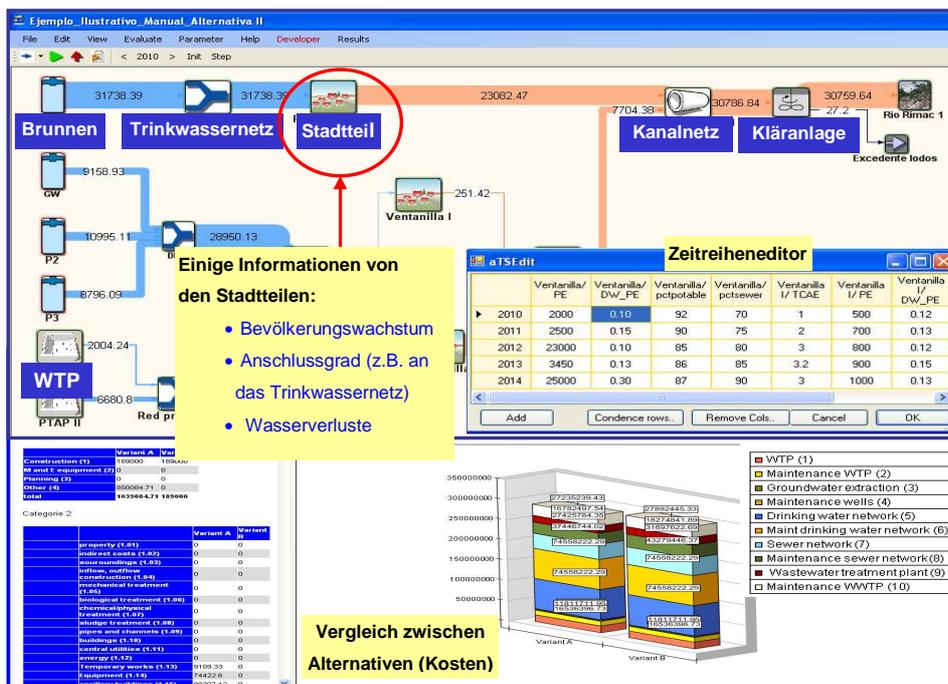


Abbildung 1: Darstellung einiger Bestandteile von LiWatool [Beispieldaten]

\* ifak ist ein gemeinnütziges Forschungsinstitut an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

systems durch Module (z.B. Module für Brunnen, Trinkwasseraufbereitungsanlage (TWAA), Trinkwasser-, Kanalnetz, Stadtteile, Kläranlage, etc.) im Programm implementiert worden sind und verschaltet werden können. Weiterhin erlaubt das Werkzeug durch die Vorgabe von Zeitreihen die Analyse von Szenarien (z.B. Projektion des Bevölkerungswachstums, Ermittlung des Wasserangebots in der Zukunft, Wasserverfügbarkeit, etc.) und die Analyse von Varianten (Vergleich verschiedener potenzieller Alternativen und die Auswahl der besten). Die Analyse der Alternativen ist durch die Kostenkategorie (Investitions-, und Betriebskosten), die in LiWatool integriert ist, möglich. Weitere Auswahlkriterien können frei und problemlos eingefügt werden. Ergebnisse können in Text- und Grafikform (durch Sankey Diagramm) dargestellt und nach Excel und als html-Reports exportiert werden.

### **3. Ein Anwendungsbeispiel des Werkzeugs**

Das Wassermanagement eines Teilgebiets von Lima wurde mit dem Werkzeug LiWatool in enger Kooperation mit dem verantwortlichen Wasserver- und -entsorgungsunternehmen aufgebaut. In diesem Beispiel wurden die verschiedenen Module des Werkzeugs für die Abbildung von Grundwasserquellen, Trinkwassernetzen, Kläranlagen, etc. verwendet. Mit diesen Modulen wurde die Leistungsfähigkeit des Wassersystems in der Gegenwart und in der Zukunft unter Berücksichtigung von Bevölkerungsentwicklung, Wasserbedarf, Wasserverfügbarkeit u.a. evaluiert. Darüber hinaus berücksichtigt das Beispiel (in allgemeiner Form) zwei verschiedene Alternativ-Verfahren für die Abwasserreinigung. Zusätzlich wurden im Trinkwassernetz zweier verschiedener Stadtteile die Effekte einer Verringerung der Wasserverluste von 0.50 Prozentpunkten in jedem Jahr analysiert. Als Simulationszeitraum wurden 8 Jahre ausgewählt (2008-2015). Ziel dieses Szenarios war es, (unter realistischen Annahmen) zu ermitteln, wie viele Menschen an das Trinkwassernetz zusätzlich angeschlossen werden könnten. In Abbildung 2 sind das betrachtete Teilwassersystem sowie die Ergebnisse der Simulation dargestellt. Es kann geschlussfolgert werden, dass mit dem eingesparten Trinkwasser 2240 Menschen zusätzlich an das Trinkwassernetz angeschlossen werden könnten.

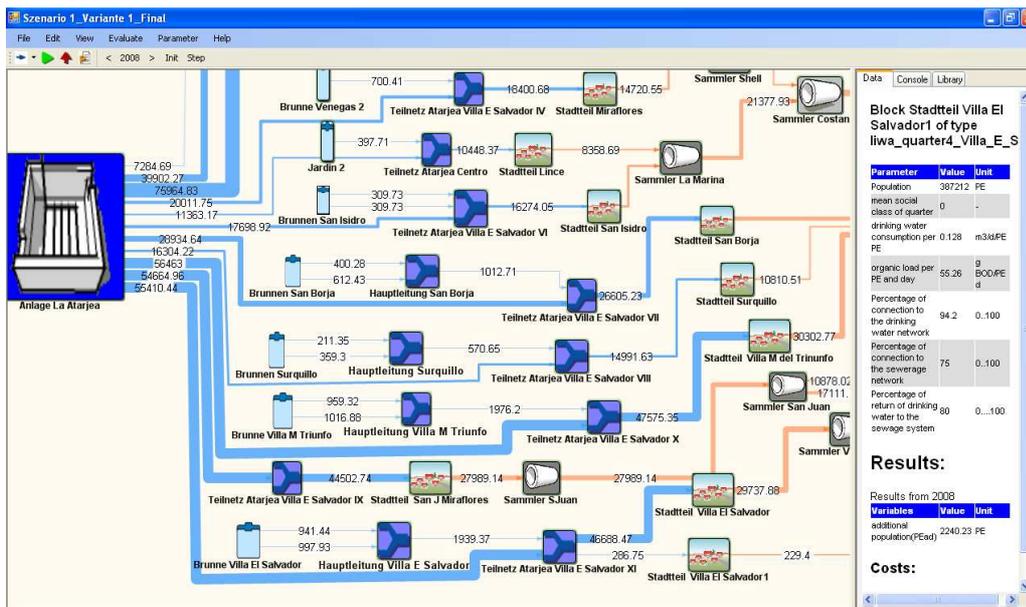


Abbildung 2: Anwendung von LiWatool im Wassersystem des südlichen Stadtbezirks

#### 4. Weitere Arbeiten

Weitere im Rahmen des Forschungsprojekts „LiWa“ geplanten Arbeiten betreffen die weitere Entwicklung des Simulators, dazu gehören u. a. die Betrachtung von Flüssen und Stauseen (für die Wasser- und Energiebewirtschaftung), die Betrachtung von weiteren Abwasserreinigungsverfahren, eine detaillierte Analyse der Kosten in jedem Teilsystem, etc. sowie die Vervollständigung der Modellerstellung des gesamten Wasser- und Abwassersystems von Lima.

#### 5. Danksagung

Dem Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF sei für die Unterstützung des Projektes „Nachhaltiges Management von Wasser und Abwasser in urbanen Wachstumszentren unter Bewältigung des Klimawandels-Konzepte für Lima Metropolitana (Peru) – LiWa“ (siehe [www.lima-water.de](http://www.lima-water.de)) gedankt.

#### 6. Literatur

- [1] Loucks, D. und Beek, E.: Water Resources Systems Planning and Management, An Introduction to Methods, Models and Applications. Paris: Studies and Reports in Hydrology UNESCO Publishing, 2005, chapter 2, S. 39, 50, 55.
- [2] Schütze M., Robleto, G.: Wasser für eine Megastadt von morgen – Beispiel Lima/Peru. Sonderheft „Megacities“, Risikolebensräume mit Zukunft“. Politische Ökologie, 27, 2009, 31-33.