

Universität
Rostock



Traditio et Innovatio

Estimating pollutant fluxes and their impact on Lake Hawassa in Ethiopia's Rift
Valley basin based on combined monitoring and modelling

Commulative Dissertation

For obtaining the academic degree of
Doctor of Engineering (Dr.-Ing.)

At the Faculty of Agriculture and Environmental Sciences of the University of
Rostock

Submitted by
BEd, BSc, MSc Semaria Moga Lencha
Matriculation number: 219204982

Rostock, Germany

2023

Abstract

This study was conducted in the Lake Hawassa System as exemplary case for heavily contaminated surface water systems in emerging economies with scarce data and need for elucidation of sources to derive targeted and cost-effective mitigation measures. Water quality parameters were measured at 25 stations along with flow measurements and the use of SWAT for flow simulation. Two water quality indices were used to assess the suitability of water for anthropogenic uses. The trophic status of Lake Hawassa was determined using Carlsson TSI. MVST was used to analyze the monitored water quality data for physicochemical characterization and identifying spatial pollutant hotspots and seasonal impacts on rivers and Lake Hawassa. Pollutant fluxes were estimated by combining monitored data with a set of various models. The findings showed that the lake water was eutrophic, and the water at all sampling points was unsuitable for drinking, aquatic life and recreation, while being partly usable for irrigation. The study identified various sources of pollution namely domestic, industrial and agricultural and stormwater runoff. Pollutant loading from nonpoint sources is high in the Tikur-Wuha sub-catchment as it is fed from upstream catchments and receives an additional pollutant loading from point sources. Pollution sources outside the city are largely diffuse and are caused by both agricultural practices and faecal pollution from rural populations, with no clear distinction between the two sources. The city of Hawassa was identified as the main source of pollution. Here, a distinction can be made between well-identified point sources, stormwater and diffuse inputs. Mitigation measures to reduce the high nonpoint pollution load to the hydrologically closed Lake Hawassa are urgently required. The identified input pathways provide a good basis for the development of efficient measures. The developed combination of limited monitoring with the set of assessment and modelling approaches proved to be efficient in scarce data situation.

Kurzzusammenfassung

Diese Studie wurde in stark kontaminierten Oberflächenwassersystemen in Schwellenländern durchgeführt, für die nur begrenzte Daten zur Verfügung stehen und deren Quellen geklärt werden müssen, um gezielte und kosteneffektive Abhilfemaßnahmen abzuleiten. Das Hawassa-See-System ist daher ein beispielhafter Fall für die Entwicklung einer effektiven Kombination aus Überwachung und Modellierung, um die oben genannten Ziele zu erreichen. Es wurden an 25 Stationen Wasserqualitätsparameter analysiert, mit begleitenden Durchflussmessungen und einer ergänzenden Abflusssimulation mit SWAT. Zwei Wasserqualitätsindizes wurden verwendet, um die Eignung des Wassers für anthropogene Zwecke zu bewerten. Der trophische Zustand des Hawassa-Sees wurde mit Hilfe des TSI von Carloson bestimmt. MVST wurde zur Analyse der überwachten Wasserqualitätsdaten für die physikalisch-chemische Charakterisierung und zur Identifizierung räumlicher Schadstoff-Hotspots und saisonaler Auswirkungen auf Flüsse und den Hawassa-See verwendet. Zur Abschätzung der Schadstoffflüsse wurden die Monitoring-Daten mit verschiedenen Modellen kombiniert. Die Ergebnisse zeigten, dass das Wasser des Sees eutrophiert ist, und an allen Probenahmestellen ungeeignet als Trinkwasser, als aquatischer Lebensraum und als Erholungsgebiet, während es für die Bewässerung teilweise noch nutzbar ist. In der Studie wurden verschiedene Verschmutzungsquellen ermittelt, nämlich häusliche, industrielle und landwirtschaftliche Verschmutzung sowie Regenwasserabfluss. Die Schadstoffbelastung aus nicht punktuellen Quellen ist im Teileinzugsgebiet Tikur-Wuha hoch, da es von flussaufwärts gelegenen Einzugsgebieten gespeist wird und eine zusätzliche Schadstoffbelastung aus punktuellen Quellen erhält. Die Verschmutzungsquellen außerhalb der Stadt sind größtenteils diffus und werden sowohl durch landwirtschaftliche Praktiken als auch durch die fäkale Verschmutzung durch die Landbevölkerung verursacht, wobei nicht klar zwischen den beiden Quellen unterschieden werden kann. Die Stadt Hawassa wurde als Hauptverschmutzungsquelle ermittelt. Hier kann zwischen gut identifizierten Punktquellen, Regenwasser und diffusen Einträgen unterschieden werden. Maßnahmen zur Verringerung der hohen punktuellen Schadstoffbelastung des hydrologisch geschlossenen Hawassa-Sees sind dringend erforderlich. Die identifizierten Eintragspfade bieten eine gute Grundlage für die Entwicklung effizienter Maßnahmen.