

WIENER MITTEILUNGEN

WASSER • ABWASSER • GEWÄSSER

Linking Land Use to Stream Pollution: Pollutant Dynamics and Management Implications

Paul T. YILLIA

Band 214 - Wien 2009

WIENER MITTEILUNGEN

WASSER • ABWASSER • GEWÄSSER

Linking Land Use to Stream Pollution: Pollutant Dynamics and Management Implications

Paul T. YILLIA

Band 214 - Wien 2009

Zum Geleit

Der vorliegende Band der Wiener Mitteilungen enthält die Dissertation von Paul YILLIA, MSc., aus Sierra Leone, die im Rahmen eines internationalen Forschungsprogrammes entstand. Als Betreuer der Dissertation fungierte Dr. Norbert Kreuzinger vom Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft der Technischen Universität Wien.

Ziel dieser Arbeit war es mit den am Institut entwickelten Methoden des Flussgebietmanagements einen kleinen Fluss in Kenia zu untersuchen, dessen Wasser für viele verschiedene Zwecke verwendet wird: als Tränke für Nutztiere, als Trinkwasser für die lokale Bevölkerung aber auch für Bewässerung. Das Gewässer wird auch zum Baden und als Kinderspielplatz verwendet. Diese konkurrierenden Nutzungen führen naturgemäß zu Konflikten vor allem in Hinblick auf die hygienischen Belange aber auch hinsichtlich der Gewässergüte.

Dieser Arbeit liegt auch die Fragestellung zugrunde, wie man in Afrika mittels eines umfassenden integrierten Ansatzes an die dort häufig ungelösten Probleme der Wassergütwirtschaft herangehen sollte. Herr Paul Yillia hat sich viele Monate in Österreich aufgehalten um die Untersuchungsmethoden für Fließgewässer und daraus abgeleitete Methoden für ein an die lokalen Gegebenheiten angepasstes Flussgebietsmanagement zu erlernen. Er hat dann mehrere Monate in Kenia verbracht und dort mit den lokal vorhandenen Möglichkeiten für chemische und mikrobiologische Untersuchung und Datenbeschaffung ein kleines Gewässer untersucht, um die Problematik der Nutzungskonflikte sowie Lösungsansätze auszuarbeiten. Er hat dabei nicht nur die wissenschaftliche Untersuchungsmethodik des Limnologen angewendet sondern auch die sozialen und wirtschaftlichen Gegebenheiten analysiert. An Hand dieses Untersuchungsmaterials hat Herr Yillia auch verschiedene Lösungsansätze untersucht, die unter den Randbedingungen in Zentralafrika möglich und sinnvoll erscheinen.

Die vorliegende Arbeit kann als ein wichtiger Beitrag zur Lösung der Wasserprobleme in Entwicklungsländern angesehen werden. Eine langfristig wirksame geordnete Wasserwirtschaft auf Flussgebietsebene muss, so wie überall, auch in Afrika von der dortigen Bevölkerung getragen werden. Dazu sind Experten notwendig, die einerseits in der Lage sind, die spezifische lokale Situation in ihrer ganzen Komplexität zu erfassen und andererseits ein methodisches Rüstzeug beherrschen, das eindeutige Ursache - Wirkungsbeziehungen herzustellen vermag. In der vorliegenden Dissertation hat Herr Yillia diese schwierige Aufgabe mit großem Einsatz verfolgt, um daraus für die Entwicklung einer angepassten Wassergütwirtschaft in Afrika wichtige Schlüsse zu ziehen. Für die Übernahme und konsequente Verfolgung dieser schwierigen Aufgabe soll an dieser Stelle Herrn Yillia und seinem Betreuer Dr. Kreuzinger herzlich gedankt werden.

Wien, am April 2009

Helmut Kroiss

Contents

Acknowledgements	VI
Abstract	VIII
Chapter 1	1
Introduction	1
Stream pollution – Perspectives on sub-Saharan Africa	2
Njoro River Catchment, Kenya – An overview	3
Problem statement and justification of research	4
Aims of the research.....	5
Scope of the thesis.....	6
References	7
Chapter 2	9
Management ineptitude in the Njoro River Catchment: Should we blame it on paucity of information? – A systematic review	9
Introduction	10
Methodology	12
<i>Literature search</i>	12
<i>Selection criteria</i>	12
Results and discussion.....	13
<i>Size and location</i>	14
<i>Landscape and stream morphology</i>	16
<i>Geology and soils</i>	17
<i>Climate</i>	19
<i>Hydrology</i>	19
<i>Vegetation cover: distribution and current status</i>	21
<i>Demography: growth, migration and settlement</i>	24
<i>Land use/cover change</i>	25
<i>Environmental and social considerations</i>	27
<i>Management concerns</i>	28
Conclusion.....	29
Acknowledgements	29
References	30

Chapter 3	33
Spatio-temporal dynamics of pollutants along the Njoro River, Kenya	33
Introduction	35
Methodology	36
<i>Njoro River Catchment (NRC)</i>	36
<i>Sampling and site measurements</i>	37
<i>Analysis of samples</i>	38
<i>Statistical analysis</i>	39
Results	39
<i>Variability of stream flow</i>	39
<i>Physico-chemical parameters</i>	40
<i>Micronutrients and organic matter</i>	40
<i>Bacteria indicator densities</i>	41
<i>Principal Component Analysis – Associations among water quality indicators</i>	45
<i>Cluster Analysis – Segregation of stream sites</i>	46
Discussion	48
Conclusion.....	52
Acknowledgements	52
References	53
 Chapter 4	 55
Net flux of pollutants at a reduced spatial scale - an index of catchment vulnerability	55
Introduction	56
Methodology	57
<i>Njoro River Catchment</i>	57
<i>Data acquisition</i>	58
Results and Discussion.....	59
<i>Loads from sub-catchments</i>	59
Emissions by sub-catchments.....	63
Pollution management in the NRC.....	64
Conclusion.....	65
Acknowledgements	65
References	66

Chapter 5.....	67
Transients and the temporal dynamics of diffuse pollution in a pastoral stream....	67
Introduction	68
Materials and methods	69
<i>The study stream – Njoro River</i>	69
<i>The study site – Turkana Flats</i>	71
<i>Sampling</i>	71
<i>Laboratory analysis</i>	71
Results	72
<i>Response of the stream hydrograph</i>	72
<i>Storm-induced transients</i>	73
<i>Transients provoked by in-stream activities</i>	74
Discussion	77
Conclusion.....	79
Acknowledgements	79
References	79
Chapter 6.....	81
The effect of in-stream activities on the Njoro River, Kenya - Part I: Stream flow and chemical water quality	81
Introduction	83
Materials and methods	84
<i>Description of the study area</i>	84
<i>Characterization of in-stream activities</i>	86
<i>Estimation of water abstraction</i>	87
<i>Sampling for chemical water quality</i>	87
<i>Measurement of stream flow and rainfall</i>	88
<i>Analysis of water samples</i>	88
<i>Data analysis</i>	89
Results and analyses.....	89
<i>Visits made by people and livestock</i>	89
<i>Allocation of abstracted water</i>	92
<i>Variability of stream flow</i>	92
<i>Diurnal changes in water quality</i>	93

Discussion	95
Conclusions and recommendations	98
Acknowledgements	98
References	99
Chapter 7	101
The effect of in-stream activities on the Njoro River, Kenya - Part II: Microbial water quality	101
Introduction	103
Materials and Methods	104
<i>Description of the study area</i>	104
<i>Sampling sites</i>	105
<i>Sampling procedure</i>	106
<i>Processing of samples</i>	106
<i>Data processing</i>	107
Results and analyses	107
Discussion	113
Conclusions and recommendations	117
Acknowledgements	117
References	118
Chapter 8	121
Evaluation of microbial health risk at water abstraction points along a rural stream	121
Introduction	123
Materials and methods	125
<i>Njoro River</i>	125
<i>The water abstraction points (WAPs)</i>	126
<i>Data acquisition</i>	126
<i>Health risk analysis</i>	127
Results	128
<i>Visits by people and livestock</i>	128
<i>Ambient water quality</i>	129
<i>Potential health risk</i>	132
<i>Relative risk</i>	132

Discussion	134
Conclusion.....	138
Acknowledgements	139
References	139
Chapter 9	143
Conclusions	143
Recapitulation.....	144
PhD Research – Main findings.....	145
Njoro River Catchment (NRC) – Prospects for management	147
Njoro River Catchment (NRC) – Possible management measures.....	147
Conclusion.....	148
References	149
Résumé – Paul T. Yillia.....	150