

**Water availability and demand analysis in the
Kabul River Basin, Afghanistan**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Grades

Doktor der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)

der

Landwirtschaftlichen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

von

Fazlullah Akhtar

aus

Kunduz, Afghanistan

Bonn 2017

ABSTRACT

Kabul River Basin (KRB), the most populated and highly heterogenic river basin of Afghanistan is the lifeline of millions of people in terms of supplying them with water for agricultural, municipal, and industrial as well as hydropower production purposes. Unfortunately, KRB is facing a multiplicity of governance, management and development relevant challenges for the last couple of decades. Detailed and reliable assessments of land use and land cover, water demand (for different sectors) as well as the available water resources are prerequisites for Integrated Water Resources Management across the basin. To achieve increased accuracy for water availability and demand analysis across the KRB, the study area was segregated into different hydrological and administrative units (provincial level, subbasin level etc.) in order to capture the heterogeneity driven by complex physiographic conditions (mainly due to huge elevation differences) and resulting in diverse cropping pattern at different reaches of the river basin. The innovative part of this study has been the concept of introducing spatial segregation of the large heterogenic river basin and using crop phenological information for evapotranspiration and land cover analysis respectively; it gave a distinct value to the output of this study. Phenologically tuned normalized difference vegetation indices (NDVI) of Aqua and Terra platforms with moderate resolution (250 m) proved to be very effective in the estimation of the land cover across the KRB with high accuracy. The phenology based segregated spatial analyses of the LULC of KRB with reference to 2003 (the base year of the study) highlighted the change in the ground coverage of main crops across the KRB e.g. wheat, barley, maize and rice. Based on the evaluation of the above results referring to the period 2003 to 2013, the rise in wheat ground coverage has been compensated by the decline in barley cultivation; maize and rice share has been almost consistent among the dominant cereals production in KRB. Upon spatial segregation, across the sub-basins (Alingar, Chak aw Logar, Ghorband aw Panjshir, Gomal, Kabul, Kunar and Shamal) Shamal, Kunar and Kabul showed highest actual evapotranspiration (ET_a) throughout the study period of 2003 to 2013. The later three sub-basin host relatively large irrigated areas and production of two crops per year due to relatively favorable climatic and geographic conditions. Besides the agricultural water demand (ET_a), water availability estimation through rainfall-runoff modelling by the use of the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) has been very useful in data scarce regions like KRB. The application of the hydrological model using remote sensing products as input is the only effective choice in data scarce regions and exhibited results which are required by policy makers and investors for the strategic and sustainable planning and management of land and water resources.

KURZFASSUNG

Das Einzugsgebiet des Kabul Flusses (KRB) ist das bevölkerungsreichste Einzugsgebiet in Afghanistan und weist eine ausgeprägte Heterogenität auf. Durch die Entstehung und Bereitstellung von Wasserressourcen für landwirtschaftliche, kommunale und industrielle Nutzungen sowie die Wasserkraft bildet das KRB die Lebensgrundlage für Millionen von Menschen. Unglücklicherweise ist das KRB (bzw. seine Einwohner) seit Jahrzehnten mit einer Vielzahl von Herausforderungen in Form von Governance-, Management- und Entwicklungs-relevanten Problemen konfrontiert. Die detaillierte und zuverlässige Einschätzung der Landnutzung/-bedeckung, des Wasserbedarfs (für die relevanten Sektoren) sowie der verfügbaren Wasserressourcen sind Voraussetzungen für die Integrierte Bewirtschaftung der Wasserressourcen im Einzugsgebiet. Um eine erhöhte Genauigkeit der Analysen in Bezug auf Wasserverfügbarkeit und -bedarf für das KRB zu erreichen, wurde das Untersuchungsgebiet in hydrologische und administrative Unter-Einheiten (Provinzialebene, Teil-Einzugsgebiete) differenziert, damit auf diesem Weg die Heterogenität erfasst werden konnte, die durch komplexe physiographische Verhältnisse (im Wesentlichen als Folge ausgesprochen großer Höhenunterschiede) entsteht und in unterschiedlichen landwirtschaftliche Anbauplänen in den Teilbereichen des KRB resultiert. Innovative Elemente der Arbeit liegen in der detaillierten räumlichen Diskretisierung des großen und heterogenen Flussgebietes und der expliziten Nutzung phänologischer Informationen bei der Fernerkundungsgestützten Bestimmung der Evapotranspiration und der Landnutzung/-bedeckung; dadurch konnten Ergebnisse erzielt werden, die in dieser detaillierten Form für das KRB bisher noch nicht vorliegen. Die Verwendung des an die phänologischen Daten angepassten, Vegetationsindizes ‚Normalized Difference Vegetation Index‘ (NDVI) - ermittelt aus Aqua- und Terra-Plattformen mit moderater Auflösung (250 m) - erwiesen sich als sehr effektiv bei der Einschätzung der Landnutzung/-bedeckung im KRB mit hoher Genauigkeit. Die Phänologie-basierten und räumlich segregierten Analysen der Landnutzung/-bedeckung im KRB mit Bezug auf 2003 (Basisjahr der Untersuchungen) machten Veränderung in den Flächenanteilen der Hauptanbaukulturen im KRB (Weizen, Gerste, Mais und Reis) deutlich. Aus der Analyse dieser Ergebnisse für den Zeitraum 2003-2013 lässt sich schließen, dass der flächenmäßige Anstieg des Weizenanbaus durch einen Rückgang der Anbaufläche für Gerste kompensiert wurde; die Anteile für Mais und Reis blieben nahezu unverändert im KRB. Die Bestimmung der aktuellen Evapotranspiration mit räumlicher Unterscheidung in Teil-Einzugsgebiete (Alingar, Chak aw Logar, Ghorband aw Panjshir, Gomal, Kabul, Kunar and Shamal) lieferte über den gesamten Untersuchungszeitraum 2003 – 2013 die höchsten Werte für die Teil-Einzugsgebiete Shamal, Kunar und Kabul. In diesen letztgenannten drei Teil-Einzugsgebieten liegen vergleichsweise große

Bewässerungsgebiete, in denen aufgrund der günstigen klimatischen und geografischen Voraussetzungen zwei Kulturen pro Jahr angebaut werden. Zusätzlich zur Bestimmung der aktuellen Evapotranspiration (Wasserbedarf der landwirtschaftlichen Kulturen) ist die Abschätzung der Wasserverfügbarkeit insbesondere in Gebieten mit ungünstiger Datenlage (wie im KRB) wichtig und äußerst nützlich. Dazu wurde das hydrologische Einzugsgebietsmodell SWAT (Soil and Water Assessment Tool) zur Erfassung von Niederschlag-Abflussvorgängen eingesetzt. Die Anwendung von hydrologischen Modellen in Verbindung mit Techniken und Produkten der Fernerkundung (zur Bereitstellung von Modell-Input) ist in Fällen mit eingeschränkter Datenverfügbarkeit die einzig wirksame Option, um Ergebnisse in einer Qualität zu erreichen, die von Entscheidungsträgern und Investoren für die strategische und nachhaltige Planung der Bewirtschaftung von Land- und Wasserressourcen benötigt werden.