

Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF)

**Spatial variation of biomass energy supply and
demand in rural Nepal**

Dissertation

zur

Erlangung des Grades

Doktor der Agrarwissenschaften (Dr. agr.)

der

Landwirtschaftlichen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

von

Narayan Prasad Adhikari

aus

Kathmandu, Nepal

Bonn 2017

ABSTRACT

In Nepal, the share of biomass in total energy consumption is about 88 % and of biomass for cooking and heating about 90 % in 76 % of the households. Fuelwood, crop residues and dung are the three main biomass types. The lack of an integrated biomass inventory is hindering the formulation of effective policies and programs for sustainable resource management. This study evaluates the spatial variation of biomass supply and demand for cooking and heating in Nepalese rural households in three districts representing the country's main topographic regions lowland, hills, and mountains. The analysis is based on information from household survey, field studies, laboratory analyses, national statistics and application of GIS. Only those households adopting at least one type of biomass for cooking and heating are considered. The household survey was conducted in 240 households to evaluate biomass consumption, whereas the use of crop residues and dung is assessed in field studies in 27 households for the three seasons in 2013/14. By considering the five main staple crops (paddy, wheat, corn, millet and barley), the residues were evaluated, while cattle and buffalo were taken as a basis to assess the dung. The residue-to-product ratio (RPR) is the evaluation basis of crop residue supply, while the dung supply was assessed by determining the daily dung yield. The supply module of the GIS-based wood fuel supply and demand model (WISDOM) was taken as reference for the estimation of the fuelwood supply.

The annual per capita demand of biomass (dry matter) in terms of "fuelwood equivalent" in the lowland, hill and mountain districts is 435 kg, 660 kg, and 653 kg, respectively, where of the households only 57 %, (lowland district), 50 % (hill district) and 3 % (mountain district) have a surplus biomass supply. The fuelwood equivalent of crop residues (1 kg DM), dung (1 kg DM), LPG (1 kg) and biogas (1 m³) are 0.40 kg, 0.93 kg, 23 kg and 4.57 kg, respectively. The households in the mountain district only use fuelwood whereas multiple energy sources with different combinations exist in the hill and lowland districts. The average annual per capita dung (dry matter) supply potential is 262 kg (lowland district), 278 kg (hill district) and 93 kg (mountain district). Despite the higher crop residue (dry matter) production (954 kg capita⁻¹ yr⁻¹) in the lowland than in the hill (547 kg capita⁻¹ yr⁻¹) district, the net usable amount of crop residues for energy generation is observed to be higher in the hill (207 kg capita⁻¹ yr⁻¹) than in the lowland (152 kg capita⁻¹ yr⁻¹) district. The lowest production (263 kg capita⁻¹ yr⁻¹) of crop residues was observed in the mountain district of which only 10 % is available for energy production.

Because of the relatively easier accessibility of forests in the hills and mountains, the households there do not burn crop residues or dung for energy production, and here the fuelwood exploitation rate is three times higher than the production potential. The fuelwood exploitation rate in the lowland district is double the production potential where about 66 % of the households utilize crop residues and dung for energy generation. The fuelwood deficit is the main reason for the use of crop residues and dung in the lowland district. The primary focus there should be on converting crop residues with bio-briquettes and dung with biogas. Awareness programs to prevent overexploitation of fuelwood by making balanced use of biomass should be initiated in all regions, while the use of other herbaceous materials for bio-briquettes and dung of small ruminants for biogas production should be initiated to fill the biomass supply gap in the mountains. Given the highly uneven distribution of biomass in all districts, the transportation of biomass from surplus to deficit areas could be one of the potential solutions to reduce overexploitation of fuelwood.

Räumliche Variation des Angebots und der Nachfrage für Biomasse zur Energieerzeugung im ländlichen Nepal

KURZFASSUNG

In Nepal beträgt der Anteil der Biomasse am gesamten Energieverbrauch ca. 88 %. In 75% der Haushalte wird fast ausschließlich (90%) mit Biomasse gekocht und geheizt. Feuerholz, Ernterückstände und Dung sind dabei die drei wichtigsten Biomasseformen. Das Fehlen einer integrierten Biomassenbestandsaufnahme erschwert die Formulierung effektiver Strategien und Programme für nachhaltiges Ressourcenmanagement. Die vorliegende Studie bewertet die räumliche Verteilung des Biomassenangebots und -bedarfs für Kochen und Heizen in ländlichen Haushalten in drei Distrikten, die die wichtigsten topographischen Regionen des Landes repräsentieren: Tiefland, Hügelland, und Bergregionen. Die Analyse nutzt Informationen aus Haushaltbefragungen, Feldstudien, Laboranalysen, nationalen Statistiken und wendet GIS an. Nur diejenigen Haushalte, die mindestens eine der eingangs aufgeführten Biomasseformen zum Kochen und Heizen einsetzen, wurden berücksichtigt. Um den Biomassenverbrauch zu erfassen, wurden Befragungen in 240 Haushalten durchgeführt. Die Nutzung von Ernterückständen und Dung wurde durch Felderhebungen in 27 Haushalten während der Vormonsun- und Monsunzeit sowie im Winter 2013/14 ermittelt. Ernterückstände der fünf Hauptnahrungsmittelpflanzen (Reis, Weizen, Mais, Hirse und Gerste) sowie die Dungproduktion von Rindern und Büffeln wurden erfasst. Das Verhältnis von Ernterückstände zu Produkt (RPR) ist die Berechnungsgrundlage für die Ernterückstände, während die Dungmenge empirisch pro Tag ermittelt wurde. Das Feuerholzangebot wurde mit dem GIS-basierten Feuerholzangebots- und Nachfragemodell WISDOM berechnet.

Der jährliche Pro-Kopf-Verbrauch an Biomasse (Trockenmasse/TM als "Feuerholzäquivalent") beträgt in den Tiefland-, Hügel- und Bergdistrikten 435kg, 660 kg, bzw. 653 kg. Das Feuerholzäquivalent der Ernterückstände (1 kg TM), Dung (1 kg TM) bzw. Biogas (1 m³) beträgt 0.4 kg, 0.93 kg bzw. 4.57 kg. Im Tiefland haben 59 % der Haushalte, im Hügelland 53 % und in den Bergregionen nur 3 % einen Biomasseüberschuss aufzuweisen. Die Haushalte im Bergdistrikt nutzen ausschließlich Feuerholz, während verschiedene Energiequellen in unterschiedlicher Kombination in den Hügel- und Tieflanddistrikten genutzt werden. Das durchschnittliche jährliche Pro-Kopf-Angebotspotential von Dung beträgt 262 kg im Tiefland, 278 kg im Hügelland und 93 kg in der Bergregion. Die Haushalte mit Biogasanlagen in den Hügel- (10%) und Tieflanddistrikten (4%) nutzen nur 50 % ihrer Dungproduktion, die ca. 25 % des Energieverbrauchs abdeckt. Trotz der höheren Produktion an Ernterückständen im Tiefland (954 kg pro Kopf und Jahr) im Vergleich zum Hügelland (547 kg) zeigt sich, dass die netto nutzbare Menge für die Energieerzeugung im Hügeldistrikt höher (207 kg pro Kopf und Jahr) als im Tiefland ist (152 kg). Die niedrigste Produktion (265 kg pro Kopf und Jahr) wurde im Bergdistrikt beobachtet, wovon nur 10 % für die Energieproduktion zur Verfügung steht.

Durch den relativ leichteren Zugang zu den Wäldern in den Hügeln und Bergen nutzen die Haushalte dort weder Ernterückstände noch Dung zur Energieproduktion, was zu einem Feuerholzverbrauch führt, der dreimal höher als das Produktionspotential der Wälder ist. Der Feuerholzverbrauch im Tiefland ist doppelt so hoch wie das Produktionspotential, wo der Anteil von Ernterückstände und Dung am gesamten Energieverbrauch 43 % beträgt. Das Feuerholzdefizit ist der Hauptgrund für den Einsatz von Ernterückständen und Dung im Tiefland. Dementsprechend sollte dort über die Produktion von Biobriketts aus Ernterückständen und von Biogas aus Dung nachgedacht werden. Aufklärungsprogramme zur Verhinderung einer Übernutzung von Feuerholz und zur ausgewogenen Nutzung von Biomasse sollten in allen Regionen Nepals initiiert werden. In den Bergregionen sollten Biobriketts aus krautigen Pflanzenmaterialien sowie Biogas aus dem Dung von Kleinwiederkäuern verwendet werden, um das dortige Biomassedefizit auszugleichen.