

Bio-Based Energy, Rural Livelihoods and Energy Security in Ethiopia

Inaugural Dissertation

zur

Erlangung des Grades

Doktor der Agrarwissenschaften

(Dr. Agr.)

der

Landwirtschaftlichen Fakultät

der

Universität Bonn

vorgelegt im

October 2014

von

Dawit Diriba Guta

aus

Woliso, Äthiopien

Bio-Based Energy, Rural Livelihoods and Energy Security in Ethiopia

Abstract

Energy consumption in Ethiopia is based mainly (90%) on the traditional use of biomass for domestic needs, typically using rudimentary cooking stoves. Against this background this study examined the importance of biomass energy use among rural households and evaluated long-term energy security at the national level. To this end, a farm household model was developed to investigate the association between biomass energy use and food security. The study explored the effects of fuelwood scarcity on rural livelihoods through an examination of household decisions regarding the allocation of family labour and expenditures on food and energy. For this purpose the study relied on a panel dataset derived from Ethiopian households. Due to the endogeneity of shadow wages and prices, and to selectivity biases, a Fixed Effect Two-Stage Least Squares model was used with inverse Mills ratios to determine wages and food and energy expenditures. In addition, Seemingly Unrelated Regression and Almost Ideal Demand System analyses were used to estimate the allocation of labour to agriculture, fuelwood collection, and off-farm activities jointly. Discrete household energy decisions were estimated using a multinomial logit model with predicted wages and other determinants. Shadow prices of fuelwood and agricultural fuels were estimated based on their respective shadow wages and per unit labour hours expended in order to procure the respective energy sources. Ordinary Least Squares and Tobit models were used to estimate household demand for fuelwood, and for charcoal and agricultural fuels, respectively. A dynamic long-term model of the energy sector in Ethiopia was used to investigate the development of renewable energy for cost-effective energy diversification. Finally, the suitability of institutional arrangements and collective action for increased decentralized energy generation among remote communities were also evaluated.

The regression results show that fuelwood scarcity or a decrease in the shadow wage of fuelwood collection labour was negatively associated with the allocation of labour to agriculture, and per capita energy and food expenditures. Greater shadow wages for agricultural activities had negative relationships with the allocation of labour to fuelwood collection. Fuelwood scarcity was positively associated with labour allocation to fuelwood collection. The allocation of labour to fuelwood collection had a negative self-reward effect with an increase in shortage of fuelwood. Increases in the opportunity cost of fuelwood collection were associated negatively with the use of this fuel type, with an own-price elasticity value of -0.38 . These results suggest that fuelwood scarcity has negative effects on household welfare.

Agricultural fuels and kerosene were not substitutes for fuelwood, which conforms to the results of previous studies. The relationships between biomass use and household wealth, access to electricity, and population density were consistent with theoretical expectations. Household energy use in Ethiopia appears to conform to the 'energy stacking' or 'multiple fuel utilization' concept. However, access to modern forms of energy and economic growth played central roles in such a transition. Concerted policies are needed to help improve living standards and entrepreneurial skills among rural households.

Furthermore, the model results indicate that hydroelectric power will dominate the country's energy mix without intervention with respect to technological progress and efficiency innovations. Over the long term, however, it is predicted that droughts will adversely affect the reliability of this energy source and the cost of energy will increase as a result. To cope with the expected effects of drought on hydroelectric power generation, the country needs to invest more in alternative renewable energy resources. In terms of energy security this would improve both sustainability and resilience, but also increase production costs. Innovations that improve the technology and efficiency of alternative energy sources, especially solar energy, would increase energy resource diversity and reduce production costs, shadow prices, and resource scarcity. Such innovations are therefore key for mitigating the expected effects of drought and improving energy security, and thus would likely serve as an engine of economic growth.

The results of a cost-benefit analysis for the development of biogas in Ethiopia suggest that subsidies for large decentralized biogas plants could achieve greater profits than smaller household biogas plants. Specific policy measures should improve energy efficiency, substitution, and technical performance; provide tangible incentives such as capital subsidies and feed-in tariffs; and ensure the availability of microcredit for the development of renewable energy and include rural households in local 'smart grid' power generation projects.

Bio-basierte Energie, ländliche Existenzgrundlagen und Energiesicherheit in Äthiopien

Zusammenfassung

Der Energiekonsum in Äthiopien basiert überwiegend (zu 90%) auf der traditionellen Nutzung von Biomasse für häusliche Bedürfnisse, meist für den Betrieb rudimentärer Kochöfen. Vor diesem Hintergrund untersucht die vorliegende Arbeit die Bedeutung von Biomasse für die Energienutzung ländlicher Haushalte und analysiert die langfristige Energiesicherheit. Zu diesem Zweck wird ein Farmhaushaltsmodell entwickelt, um den Zusammenhang zwischen Biomassenutzung zur Energiegewinnung und Nahrungssicherheit zu untersuchen. Die Studie erforscht die Effekte von Feuerholzknappheit auf die Lebensgrundlage der Menschen durch eine Untersuchung der Entscheidungen von Haushalten über den Einsatz von Arbeitskraft sowie Ausgaben für Nahrung und Energie. Für diese Untersuchungen wird ein Paneldatensatz äthiopischer Haushalte genutzt: Aufgrund der Endogenität von Schattenpreisen und um Selektionsfehler zu vermindern wird ein zweistufiges Kleinste-Quadrate-Modell mit fixen Effekten und eine inverse „Mills-Ratio“ für Löhne sowie Nahrungs- und Energieausgaben genutzt. Zudem wird eine „scheinbar unverbundene Regressionsanalyse“ („Seemingly Unrelated Regression analysis“) und ein fast-ideales Nachfragesystem („Almost Ideal Demand System“) genutzt, um die Arbeitsallokation und den Anteil der Arbeit der drei genannten Aktivitäten gleichzeitig zu schätzen. Diskrete Haushalts Energie-Entscheidungen werden mit Hilfe eines multinomialen Logit-Modells mit vorhergesagten Löhnen und anderen Bestimmungsfaktoren geschätzt. Schattenpreise von Feuerholz und landwirtschaftlichen Brennstoffen werden anhand ihrer jeweiligen Schattenlöhne und der Arbeitszeit, die aufgewendet werden muss, um die jeweiligen Brennstoffe zu beschaffen, geschätzt. Weiterhin wird ein Kleinste-Quadrate- und Tobit Modell genutzt, um die Haushaltsnachfrage nach Feuerholz, Holzkohle und landwirtschaftlichen Brennstoffen zu schätzen. Ein dynamisches langfristiges Modell für den Energiesektor in Äthiopien wird genutzt, um die Entwicklung der kostengünstigsten Quelle von erneuerbarer Energie für eine kosteneffektive Energiediversifizierung auf nationaler Ebene zu untersuchen. Schließlich werden institutionelle Veränderungen und kollektives Handeln hinsichtlich ihrer Nützlichkeit für dezentrale Energieerzeugung für abgelegene Gemeinschaften evaluiert.

Die Regressionsergebnisse zeigen, dass Feuerholzknappheit oder eine Abnahme des Schattenlohns für das Sammeln von Feuerholz negative Effekte auf die Allokation von Arbeit auf die Landwirtschaft, Energie- und pro-Kopf-Ausgaben haben. Gleichzeitig haben höhere Löhne in der Landwirtschaft negative Effekte auf die Allokation von Arbeit auf das Sammeln von Feuerholz. Die Allokation von Arbeit auf das Sammeln von Feuerholz hat einen negativen Eigen-Lohn-Effekt. Eine größere Knappheit von Feuerholz ist assoziiert mit dem Kauf von Energie, die auf Biomasse basiert. Ein Anstieg der Opportunitätskosten von Feuerholz ist mit einem Rückgang der Nutzung dieses Brennstoffs mit einer Eigenpreiselastizität von $-0,38$ verbunden. Dies legt nahe, dass Feuerholzknappheit negative Effekte auf das Wohlbefinden von Haushalten hat.

Landwirtschaftliche Brennstoffe und Kerosin sind keine Substitute für Feuerholz, was Ergebnissen früherer Studien entspricht. Der Wohlstand von Haushalten, Zugang zu Elektrizität, Bevölkerungsdichte haben den erwarteten Effekt auf die Nutzung von Biomasse. Die Energienutzung von Haushalten entspricht dem Konzept des ‚energy stacking‘ bzw. der ‚multiplen Brennstoffnutzung‘. Zugang zu modernen Formen von Energie und wirtschaftliches Wachstum spielen jedoch eine zentrale Rolle bei einer solchen Transition. Gezielte politische Maßnahmen sind notwendig, die ländlichen Haushalten helfen, ihren Lebensstandard und die unternehmerischen Fähigkeiten von Haushalten zu verbessern.

Weiterhin zeigen die Modellergebnisse, dass ohne Interventionen in technologischen Fortschritt und Innovationen zur Effizienzverbesserung hydro-elektrisch erzeugte Energie den Energiemix des Landes dominieren wird. Langfristig wird jedoch vorausgesagt, dass Dürren die Zuverlässigkeit dieser Energiequelle beeinträchtigen und die Kosten für die Energiegewinnung in die Höhe treiben werden. Um

diese Einflüsse von Dürren auf den hydro-elektrischen Sektor in Äthiopien zu bewältigen, muss Äthiopien mehr in die Entwicklung erneuerbarer Energieressourcen investieren. Dies würde sowohl die Nachhaltigkeit als auch die Resilienz verbessern, aber auch die Produktionskosten erhöhen. Innovationen für eine Verbesserung der Technologie und der Effizienz der Gewinnung alternativen Energien, vor allem Solarenergie, erhöhen die Diversität der Energiequellen und reduzieren Produktionskosten, Schattenpreise und Ressourcenknappheit. Solche Innovationen sind deshalb zentral für eine Reduktion der Risiken durch Dürren und um die Energiesicherheit zu verbessern.

Die Ergebnisse einer Kosten-Nutzen-Analyse für die Entwicklung von Biogas deuten darauf hin, dass Subventionen für große dezentralisierte Biogasanlagen höhere Gewinne erzielen könnten als kleine Biogasanlagen für Haushalte. Konkrete Politikmaßnahmen sollten Energieeffizienz- und substitution und die technische Leistungsfähigkeit verbessern, spürbare Anreize wie z.B. Kapitalsubventionen und Einspeisevergütungen setzen, die Verfügbarkeit von Mikrokrediten für die Entwicklung von erneuerbaren Energien sicherstellen sowie ländliche Haushalte in lokale ‚intelligente Stromnetze‘ einbeziehen.