

DISS. ETH Nr. 17033

**CHARACTERISTICS OF ENERGY ACCESS TO THE POOR  
AND TO IMPOVERISHED REGIONS IN INDIA**

ABHANDLUNG  
zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER WISSENSCHAFTEN

der  
ETH Zürich

vorgelegt von

ANDREAS KEMMLER  
Dipl. Nat. ETH Zürich

geboren am 30.08.1974

von  
Eschenbach / SG

Angenommen auf Antrag von

Prof. L. Bretschger  
Prof. D. Spreng

2007

## Zusammenfassung

Gemäss einer kürzlich durchgeführten Konsumerhebung in Indien, leben trotz anhaltendem Wirtschaftswachstum immer noch 20 bis 30 Prozent der Bevölkerung in Armut. Meist fehlen diesen Armen die Mittel zur Deckung ihres Energiebedarfs. Ihre Armut widerspiegelt sich in ihrem Energieverbrauchsmuster, welches typischerweise einen tiefen Energieverbrauch, keinen Zugang zu kommerziellen Energieträgern, den Gebrauch von ineffizienter Ausrüstung und eine hohe Abhängigkeit von traditioneller Biomasse aufweist.

Wir haben ein neuartiges, zweidimensionales Mass für Energiearmut entwickelt, welches Information über den Zugang zu Energieträgern mit dem pro Kopf Nutzenergieverbrauch verknüpft. Eine Anwendung dieses Masses auf Indische Konsumerhebungsdaten der Jahre 1983 bis 2000 zeigt einen sich rasch entwickelnden Subkontinent. Der Anteil der Menschen, welche in ausgeprägter Energiearmut leben, die lediglich über Zugang zu Biomasse und Kerosin verfügen und sich damit kaum eine Mahlzeit pro Tag zubereiten können, hat von 38% auf 14% abgenommen. Gleichzeitig ist der Anteil jener, welche Zugang zu Elektrizität und möglicherweise auch LPG (flüssiges Propangas) haben und sich täglich zwei oder mehr warme Mahlzeiten zubereiten können, von 3.5% auf 35% angestiegen. Obwohl unsere Analyse eine starke Abnahme der Energiearmut aufzeigt, ist diese in Indien immer noch weit verbreitet, insbesondere in den ländlichen Gebieten. Zwischen 1983 und 2000 hat die Gesamtanzahl der Bevölkerung in den tiefen Energieverbrauchssegmenten lediglich um 5%, von 545 Millionen auf 516 Millionen abgenommen.

Auf Grund der umfassenden Rolle, welche Energie in unserem täglichen Leben spielt, kann die Messung des Energieverbrauchs in seinen verschiedenen Formen unsere Lebensbedingungen angemessen reflektieren. Durch einen Vergleich zwischen verschiedenen Energiemassen, Armuts- und Wohlstandsindikatoren zeigen wir, dass höhere „*access-adjusted*“ Nutzenergieverbrauchsgruppen tatsächlich Charakteristika von höherer Entwicklung aufweisen: sie verfügen über eine höhere schulische Bildung, besitzen bessere sanitäre Einrichtungen, haben vermehrt Zugang zu sauberem Trinkwasser, ihre Häuser befinden sich in einem besseren Zustand und sie haben eine höhere tägliche Kalorienzufuhr. Aus unserer Analyse folgern wir, dass Energiemasse eine brauchbare Grundlage für einen Armutsindikator bilden können und folglich gewisse Energieindikatoren als Abbild des allgemeinen Lebensstandards verwendet werden können. Der Gebrauch von Energieindikatoren ist somit nicht auf Umwelt- und Wirtschaftsthemen beschränkt, sondern auch auf soziale Themen anwendbar. Obwohl die Erfüllung menschlicher Grundbedürfnisse in enger Beziehung zum Verbrauch von Energie steht, unterliegen Energieindikatoren ähnlichen Grenzen wie monetär-basierte Armutsindikatoren; mit nur einem einzigen Energieindikator kann die Multidimensionalität von Armut nicht vollständig abgebildet werden. Energiearmut ist deshalb lediglich eine grobe Annäherung an das komplexe soziale Konstrukt Armut.

Die Beziehung zwischen Energie und Armut verläuft jedoch auch in umgekehrter Richtung; eine Verbesserung des Zugangs der Bedürftigen zu modernen Energieträgern, insbesondere zu Strom, kann einen gewichtigen Unterschied in deren Lebensstandard bedeuten und die Entwicklung beschleunigen. In Indien gibt es immer noch 450 Millionen Menschen ohne Stromanschluss. Dabei beobachtet man deutliche regionale Unterschiede in der Rate der elektrifizierten Haushalte. Wir versuchen die regionalen Unterschiede in der Elektrifizierung durch eine Kombination von individuellen und strukturellen Faktoren zu erklären und unterscheiden dabei zwischen der Elektrifizierung von Dörfern und der Elektrifizierung von Haushalten. Unsere Panel-Analyse zeigt, dass geographische Faktoren die Elektrifizierung der Dörfer beeinträchtigen. Während sich ein hoher Anteil an Landwirtschaftsfläche fördernd auf die Elektrifizierung der Dörfer auswirkt, wird diese durch eine ungünstige Siedlungsstruktur und die Grösse des Bundesstaates behindert. Insbesondere eine grosse Anzahl kleiner Dörfer scheint die Elektrifizierung der Dörfer zu hemmen. Die geographischen Faktoren wirken sich jedoch lediglich auf die Errichtung der regionalen Netzinfrastruktur zur Elektrifizierung der Dörfer aus und beeinflussen dabei, welche Dörfer zuerst ans regionale Netz angeschlossen werden. Sie haben aber keinen Einfluss auf die Elektrifizierung der Haushalte innerhalb der Dörfer, da sie nicht den Nutzen von Elektrizität beeinflussen. Dies zeigen die Resultate eines „*binary response*“ Modells, mit welchem untersucht wurde, welche Faktoren den Anschluss der Haushalte ans örtliche Stromnetz bestimmen. Obwohl die Regionen mit hoher wirtschaftlicher Armut und die Regionen mit tiefer Haushaltselektrifizierung räumlich weitgehend zusammenfallen, zeigt die Analyse lediglich einen geringen Effekt des Einkommens auf die Haushaltsentscheidung. Eine Zunahme des Haushaltseinkommens allein würde deshalb die Rate der elektrifizierten Haushalte kaum erhöhen, obwohl ein höheres Einkommen in der Region den Anreiz für die staatlichen Versorgungsunternehmen vergrössert, dort die regionale Netzinfrastruktur auszubauen (mit anderen Worten, es besteht ein positiver Effekt des pro Kopf State Domestic Product auf die Dorfelektrifizierung).

Andere Faktoren als das Einkommen, insbesondere die Anschlussdichte innerhalb der Dörfer und die schulische Bildung der Haushaltsmitglieder scheinen wichtiger zu sein für die Haushaltselektrifizierung. Gemäss dem Modell wäre es zudem wirkungsvoller die Versorgungsqualität zu verbessern, als den Stromverbrauch zu subventionieren. Der Effekt des subventionierten Stromtarifs auf die Haushaltsentscheidung ist gering und von den undifferenzierten Subventionen profitieren vorwiegend jene, welche bereits einen Haushaltsanschluss haben, aber kaum die Bedürftigsten, die noch über keinen Anschluss verfügen. Ausserhalb der elektrifizierten Dörfer, aber auch in gewissen Quartieren der elektrifizierten Dörfer, scheint es für viele Haushalte noch keine Möglichkeit zu geben, ihr Haus an ein Stromnetz anzuschliessen.

## Summary

A recent analysis of poverty in India suggests that 20 to 30 percent of the country's population still lives in poverty. Many of these poor have neither the access nor the means to meet their basic energy needs. Their level of poverty is reflected in their energy consumption patterns, which show low consumption; a lack of access to clean commercial fuels, efficient equipment, and electricity; and a high dependence on traditional biomass.

We constructed a novel, two-dimensional measure of energy poverty and distribution that links information on access to different energy carriers and quantity of energy consumed per capita. Applying this measure to the data furnished by the Indian NSSO for the years 1983 through 2000, we observe a rapidly developing sub-continent. The proportion of people living in desperately energy-poor households (that is, those who have access only to biomass and kerosene and use barely enough of it to cook one full meal per day) decreased from 38% to 14% of the population, whereas the proportion of people living in households with access to electricity (and possibly LPG) and who use more energy than the quantity necessary to cook two full meals per day increased from 3.5% to 35%. While this analysis indicates a significant reduction in energy poverty in India, energy poverty is still widely prevalent, particularly in rural areas of the country. Indeed, between 1983 and 2000 there was only a 5% reduction in the total number of people in the lower consumption segments (from 545 million to 516 million).

Because energy plays such a pervasive role in modern life, its measurement in various dimensions can accurately reflect important aspects of the reality of the poor. By comparing energy measures with various poverty and welfare measures, we show that energy indicators can be used as a general reflection of personal well-being. For instance, higher access-adjusted useful energy deciles show characteristics of higher development: individuals therein have higher levels of education, better sanitation facilities, and greater access to tap water; their houses are in better condition; and they have a higher daily caloric intake. For this reason, energy measures may form a practical basis for a proxy indicator of poverty, as the use of energy indicators is not restricted to environmental and economical issues but is significant for social issues as well. Although energy development is closely related to measures that focus on basic human needs, a single energy-based indicator cannot grasp the multidimensional quality of poverty. Energy is a factor in fulfilling each of these needs, but the extent of these needs is not completely captured by measuring energy poverty alone. Therefore, while access-adjusted useful energy correlates fairly well with most of the analysed poverty dimensions, it is only a rough approximation for poverty.

The relationship between energy and poverty, however, is a reciprocal one. Improving the poor's access to modern energy sources can make an important difference to their welfare and can be a catalyst for human development: specifically, electricity may be an important trigger for development.

Yet, there are still about 450 million people in India without access to electricity. In this way, one observes remarkable regional differences in the electrification rate.

These observed regional disparities in electrification can be explained by a combination of factors that influence both village and household electrification. While the geographic endowment of a region was found to be relevant for village electrification, this was not the case for household electrification. A panel data analysis shows further that having a high proportion of agricultural area has a positive effect on a village's electrification rate, while an unfavourable settlement structure and a large state area constrain its electrification rate. In particular, the existence of small but numerous villages seems to correspond to areas with lower village electrification rates. However, geographic factors merely influence the speed of erection of the regional infrastructure and act temporally as a sorting mechanism. They seem not to affect electrification rates within the villages, as they do not change the utility of electricity use.

A binary response model was employed to analyse the factors which influence a household's decision to access electricity. Even though economically-poor areas and areas with low household electrification largely coincide, the analysis shows only a limited effect of expenditure on the household decision. Indeed, an increase in expenditure alone would hardly improve the low household access rates, although a higher overall household expenditure in a region might increase the incentive for the state utilities to expand grid infrastructure to that area (in other words, there is a positive effect of per capita SDP on village electrification). Factors other than expenditure, particularly community electrification rates and education levels of household members, are probably more relevant for determining the household electrification rate. Furthermore, the model suggests that electrification is better furthered by improving supply quality rather than by subsidising electricity consumption by a non-cost-effective tariff. The influence of the present electricity tariffs on household decisions to use electricity is small, with the undifferentiated subsidies benefiting those who are already connected to the grid rather than those who are still seeking a connection. Unfortunately, access to electricity still seems hardly a given in the hamlets surrounding the outskirts of villages, even those in regions noted for their high village electrification rates.