

Diss. ETH No. 11726

ASSESSMENT OF THE CONDITON AND POTENTIAL FOR  
IMPROVEMENT OF HIGH ALTITUDE RANGELANDS  
OF BHUTAN

A dissertation submitted to the  
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, ZÜRICH

For the degree of  
DOCTOR OF NATURAL SCIENCES

presented by

Pema Gyamtsho  
M.Agr.Sc. (Lincoln University)  
born November 15, 1961  
Citizen of Bhutan

accepted on the recommendation of

PROF. DR. J. NÖSBERGER

examiner

PROF. Dr. M. MENZI

co-examiner

Zurich 1996

## SUMMARY

The Himalayan ranges are geologically instable and becoming increasingly fragile under the growing human and animal pressure. Although the situation has not yet reached the 'crisis' state in the Eastern Himalayan kingdom of Bhutan, the threat of natural and man-made disaster is increasing due to ever-increasing demands on the limited resources. Lack of basic data and information on the environmental and socio-economic conditions have been the main constraints in formulating and implementing development and conservation programmes in the area. Therefore, the main objectives of the study were to obtain basic socio-economic data, to describe the production systems and to assess the existing condition and potential of improving the rangelands so as to provide strategic recommendations for sustainable conservation and development schemes.

The study was conducted between 1993 and 1995 in Laya in the North-West of Bhutan and included Lunana and Lingshi for some of the assessments. The descriptive information and data on socio-economic conditions and production systems were obtained through a combination of structured interviews, informal discussions and direct measurements. Rangeland condition was assessed through on-site estimation of vegetation types, ground cover and forage productivity and analysis of soil fertility status. Rangeland improvement potential was investigated through a split-split-plot field experiment in Laya (4020 m.a.s.l.). The main treatments were natural pasture (control), oversowing of white clover (*Trifolium repens*) and lotus (*Lotus pedunculatus*), the sub-plot treatments were 0 and 100 kg N ha<sup>-1</sup> and sub-sub-plot treatments were 0, 48, 96 and 144 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>.

Results from the socio-economic evaluation showed that 30% of the population of Laya in 1994 were younger than 10 years and only 13% were older than 50 years. The tradition of brothers marrying the same bride is on the decline leading to increasing population and decreasing size of family holdings. The main sources of household income were from farm sales (49%), non-farm trade (18%), labour wages (15%) and animal transport services (14%). Tourism contributed to only 4% of the incomes. Over the past two decades, yak (*Bos gruniens*) production became the most important economic activity and presently 75% of the households in Laya own yaks. Currently there are no policy and institutional mechanisms to control stock numbers and regulate grazing intensity and hence

the pastures are generally used indiscriminately by all yak owners.

The assessment of existing condition of the rangelands showed that the gentler south facing slopes, where most of the winter camps were located, were heavily overgrazed by both yaks and blue sheep (*Pseudois nayuar*). Since the banning of fire to clear shrubs in 1970s, unpalatable shrub cover has increased and occupied up to 40 % of ground cover in some of the grazing sites competing for both space and nutrients with herbage species. In heavily overgrazed sites in Lingshi and Laya, over 30% of the ground was bare and exposed to soil erosion. In the lightly grazed sites of Lunana, the common species were *Stipa casanguinea*, *Helictichon parviflorum* and *Carex norvegia* while forb species like *Potentilla arbuscula*, *Aster himalaicus*, *Cortia depressa* and *Cyananthus microphyllus* in association with the grass species *Agrostis pilosa*, *Festuca tibetica* and *Elymus nutans* dominated most overgrazed sites. The sward height in the continuously grazed areas did not exceed 3 cm. The soils were mostly acidic and available phosphorus was particularly low in all the sites surveyed. The poor soil fertility status is further aggravated by the continuous removal of yak dung from pasture for manuring crops and for use as fuel during winter.

The field trial showed that white clover could be established successfully from oversowing and has contributed up to 19% of total yields in the second year in contrast to lotus which did not perform well. The application of 100 kg N ha<sup>-1</sup> produced highly significant ( $p < 0.001$ ) yield increase of +47% more than control over the three year period. Similarly, the effect of phosphorus fertilisation was also highly significant ( $p < 0.001$ ). The yield increases from 48, 96 and 144 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> were +64%, +64% and +80% respectively over control, which however were not significantly different from each other. The highest yields of over 5000 kg DM ha<sup>-1</sup> (+140%) were obtained at 100 kg N ha<sup>-1</sup> and 144 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> in 1994 and 1995. Local legumes like *Vicia tibetica* and *Gueldenstaditia himaliaca* increased significantly with phosphorus supply and contributed to over 30% of the total yields by the second year. Similarly grass components also increased with nitrogen supply from less than 10% to over 20% by the second year. The crude protein and mineral contents of the native herbage were comparable to standard temperate pasture plants. The results showed that herbage growth is not limited by moisture and temperatures during summer but by soil fertility and lack of protection from continuous grazing.

It is clear from this study that given the limitations imposed by difficult environmental conditions, socio-economic development programmes must be highly

selective and sensitive to ecological concerns, *vis a vis*, conservation efforts should not overlook the genuine economic aspirations of local people if they are to be successful. Therefore, the main development strategy should be to reduce direct dependence on rangelands by diversifying into economic activities which are less demanding on the natural resources and by creating opportunities for off-farm employment. Yak rearing will continue to be important but it is not expected to grow significantly since the yaks have to compete with protected wild herbivores like blue sheep and takin (*Budocus taxicolor*) for the already overstretched grazing resources. While there is considerable potential for improving the productivity of the rangelands through introduction of legumes and fertilisation and through better nutrient recycling and shrub control, the benefits from such innovations could only be derived if key socio-political issues such as ownership of grazing lands and grazing rights, control of domestic and wildlife populations within sustainable levels are addressed. Further investigations are required on the ecology of alpine plants and animals and the sustainable eco-friendly utilisation of natural resources.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Gebirgszüge der Himalaja-Kette sind geologisch instabil und durch den wachsenden Bevölkerungsdruck und die damit verbundene viehwirtschaftliche Nutzung zunehmend gefährdet. Obwohl im östlichen Himalaja, im Königreich Bhutan noch keine Krisensituation erreicht wurde, nimmt, aufgrund der beständig wachsenden Nachfrage nach begrenzten Ressourcen, die Bedrohung durch natürliche und durch den Menschen ausgelöste Katastrophen immer mehr zu. Das Fehlen grundlegender Daten und Informationen über die natürlichen und die sozio-ökonomischen Bedingungen dieser Gegend waren bis anhin wichtige Einschränkungen für die Formulierung von Entwicklungs- und Erhaltungsstrategien sowie deren Umsetzung. Das Hauptziel dieser Arbeit war es, grundlegende sozio-ökonomische Daten zur Beschreibung der Produktionssysteme zu erhalten und die bestehenden Produktionsbedingungen und das Verbesserungspotential der alpinen Wiesen und Weiden zu untersuchen. Diese Ergebnisse sollen die gezielte Empfehlung von nachhaltigen Erhaltungs- und Entwicklungsstrategien ermöglichen.

Die Untersuchungen wurden zwischen 1993 und 1995 in Laya, im Nordwesten von Bhutan durchgeführt, wobei einige der Erhebungen auch in Lunana und Lingshi durchgeführt wurden. Zur Beschreibung der sozio-ökonomischen Bedingungen und der Produktionssysteme wurde eine Kombination aus strukturierten Interviews, informellen Diskussionen und direkten Erhebungen verwendet. Die alpinen Weidegebiete wurden durch chemische Bodenanalysen und vor Ort durch Einschätzung der Vegetationstypen respektive der Bodenbedeckung und mittels Ertragshebungen charakterisiert. Das Verbesserungspotential der Weidegebiete wurde mit einem Split-Split-Plot Feldversuch in Laya (4'020 m.ü.M.) evaluiert. Die drei Hauptverfahren waren Weideland ohne Übersaat (Kontrolle) und Weideland, in welches *Trifolium repens* respektive *Lotus pedunculatus* eingesät wurde, Sub-Plot Faktor war die Stickstoffdüngung (0 und 100 kg N pro ha) und der Sub-Sub-Plot-Faktor war die Phosphordüngung (0, 48, 96 und 144 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pro ha).

Die Ergebnisse der sozio-ökonomischen Evaluation zeigten, daß 1994 30% der Bevölkerung von Laya jünger als 10 Jahre und nur 13% älter als 50 Jahre waren. Die Tradition, dass eine Frau eine Ehe mit mehreren Brüdern eingeht, ist rückgängig, was zu einer Bevölkerungszunahme und einer Verkleinerung des einzelnen Familienbesitzes führt. Das Haushaltseinkommen setzte sich grösstenteils aus dem Verkauf von

landwirtschaftlichen Produkten (49%), nicht-landwirtschaftlichem Handel (18%), Arbeiterlöhnen (15%) und Trägerdiensten der Tiere (14%) zusammen. Der Tourismus trug nur 4% zum Einkommen bei. Während den letzten zwei Jahrzehnten erlebte die Yak-Produktion (*Bos gruniens*) eine starke Zunahme und ist heute in 75% der Haushalte ein wichtiger oder der wichtigste Betriebszweig. Dies führte zu einer hohen Belastung der Weideflächen, vor allem der kommunalen Weiden, da bei diesen keine politischen oder institutionelle Einrichtungen für die Kontrolle der jeweiligen Besatzstärke und des Weidezeitpunktes bestehen.

Die Charakterisierung des Weidelandes, insbesondere der Winterweidegebiete, zeigte, dass die milderen südlich exponierten Hänge durch Yaks und Blue Sheep (*Pseudois nayuar*) überweidet werden. Seit 1970 die Feuerrodung verboten ist, hat die Verbuschung des Weidelandes stark zugenommen. Für Weidetiere unbekömmliche Sträucher bedecken bis zu 40% einiger Weideflächen und konkurrieren mit den Weidepflanzen sowohl um Platz als auch um Nährstoffe. In stark überweideten Gebieten in Lingshi und in Laya war über 30% des Bodens unbedeckt und der Erosion ausgesetzt. Auf den nur leicht beweideten Flächen von Lunana war die Vegetation durch wenige bevorzugte Arten wie *Stipa casanguinea*, *Helictotrichon parviflorum* und *Carex norvegica* dominiert, während in den überweideten Gebieten Kräuter wie *Potentilla arbuscula*, *Aster himalaicus*, *Cortia depressa* und *Cyananthus microphyllus* in Assoziation mit den Grasarten *Agrostis pilosa*, *Festuca tibetica* und *Elymus nutans* dominierten. Die Höhe der Grasnarbe der beständig beweideten Gebiete betrug nie mehr als 3cm. Die Böden waren vornehmlich sauer und vor allem der Gehalt an verfügbarem Phosphor war in allen untersuchten Gebieten ausserordentlich niedrig.

Der Feldversuch zeigte, dass sich der Weißklee (*T. repens*) im Gegensatz zum Schotenklee (*L. pedunculatus*) erfolgreich etablieren konnte und im zweiten Versuchsjahr 19% zum gesamtem Ertrag beitrug. Im Vergleich zur Kontrolle bewirkte die Stickstoffgabe von 100 kg pro ha eine signifikante Ertragssteigerung ( $p < 0.001$ ) von + 47% gemittelt über alle 3 Versuchsjahre. Auch die 3 Phosphorgaben bewirkten eine signifikante Ertragssteigerung über alle 3 Versuchsjahre. Die Gaben von 48, 96 und 144 kg  $P_2O_5$  pro ha führten zu Ertragssteigerungen von +64%, +64% respektive +80%, wobei sich die einzelnen Phosphor-Verfahren nicht signifikant voneinander unterschieden. Die höchsten Erträge von über 5'000 kg Trockensubstanz pro ha (+140%) wurden bei dem Verfahren

mit 100 kg N und 144 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pro ha erzielt. Einheimische Leguminosen wie *Vicia tibetica* und *Gueldenstaditia himaliaca* zeigten bei einer verbesserten Phosphorverfügbarkeit signifikante Zunahmen und trugen im zweiten Jahr zu über 30% der totalen Erträge bei. Die Stickstoffdüngung führte bei den Gräsern zu einer Ertragsanteilsteigerung von unter 10% bei der Kontrolle auf einen Anteil von über 20%. Die Rohprotein- und Mineralstoff-Gehalte der einheimischen Futterpflanzen waren mit denen aus gemässigten Klimaten vergleichbar. Die Ergebnisse zeigen deutlich, daß die Futterproduktion nicht durch die Feuchtigkeit oder die Temperaturen im Sommer limitiert wird, sondern durch die Bodenfruchtbarkeit. Dies wird auch durch den Umstand verstärkt, dass der Yak-Dung auf den Weiden für die Düngung der Ackerfrüchte eingesammelt wird, und somit dem System wichtige Nährstoffe entzogen werden.

Diese Studie zeigt, dass unter den gegebenen natürlichen Bedingungen sozio-ökonomische Entwicklungsprogramme sehr selektiv und zielgerichtet auf die ökologischen Bedingungen abgestimmt sein müssen. Andererseits können Programme zur Umwelterhaltung nur erfolgreich sein, wenn sie auch die legitimen wirtschaftlichen Bedürfnisse der einheimischen Bevölkerung angemessen berücksichtigen. In Zukunft sollte die direkte Abhängigkeit von der Weidenutzung durch eine Diversifikation der lokalen Wirtschaft auf der Basis von neuen Nutzungsformen des Weidelandes und durch Arbeitsmöglichkeiten ausserhalb des Landwirtschaftsektors verringert werden. Obwohl die Yak-Produktion durch eine verbesserte Düngung gesteigert werden könnte, sollte es in diesem Sektor nicht zu einer Ausweitung kommen, da die Yaks mit den geschützten Herbivoren Takin (*Budorcus taxicolor*) und Blue Sheep um die schon übernutzten Weidegründe konkurrenzieren. Mit einer gezielten Nutzung von Leguminosen und Dünger und einer optimalen Nährstoffrückführung wie auch der Kontrolle der Verbuschung besteht für das alpine Weideland ein grosses Verbesserungspotential. Dieses Potential kann jedoch nur ausgeschöpft werden, falls sozio-politische Faktoren wie Nutzungsrechte und Eigentumsverhältnisse angepasst werden. Weitere Untersuchungen hinsichtlich des ökologischen Verhaltens von alpinen Pflanzen und Tieren und Methoden zur Förderung der Stabilität des Oekosystems 'alpines Weideland' sind notwendig.