Zeitschrift: Jahrbuch der Geographischen Gesellschaft Bern

Herausgeber: Geographische Gesellschaft Bern

Band: 59 (1996)

Artikel: Traditional domestic fuel in rural Himachal Himalaya : a culture-ecological understanding

Autor: Mukerji, Anath B.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-960428

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Traditional Domestic Fuel in Rural Himachal Himalaya: a Culture-ecological Understanding

Anath B. Mukerji

Abstract

Throughout the Himachal Himalaya, in all its altitudinal-ecological zones, the rural households use traditional domestic fuels that are entirely derived from forests, livestocks, and crops. These fuels comprising of wood, livestock residue, and crop residue, and the web of activities woven around them constitute an ancient, inherited, and continuing tradition that can be considered a culture complex of product system, technology system, and value-system located centrally in the Himachal Himalaya representing indeed a "genre de vie". The traditional domestic fuels are based entirely on the local ecological resources and are founded in a regional tradition that displays both persistence and change, the former related to the value systems and culture-ecological nexus, and the latter to the state-induced processes of modernisation. The detailed analysis of the data collected from the households of the selected villages representing all the altitudinal-ecological zones reveals clear zonal patterns of

- the amount of total fuel consumption and the three types of fuels derived from different sources
- the fuel combinations of the three sources
- the amount of fuel consumption in cooking meals, heating water, warming rooms and repelling insects
- the degree of modernisation.

A reconstruction of the evolution of the inter-relationship of the various factors that influence the zonal pattern reveals three stages: The first extending in the pre-1947 period was characterised by the continuity of tradition; the second stage, from 1948 to 1965, may be described as one in which there was continuity of tradition but also a deepened environmental crisis; and the third stage, after 1965, can be described as the one that is experiencing both, the continuity of tradition and the emergence of modernisation.

Introduction

Traditional domestic fuel is extensively used in the rural areas of the Third World. Within these countries its use is particularly widespread in the poorer and less accessible areas. In the hills and mountains it is universal, the persistence of use being sustained by the local ecological resources and a continuing ancient tradition. Through-

out the Himalayas, traditional domestic fuel is the only one used in the rural households. It is derived from three different sources (Fig. 1):
- natural vegetation cover that includes forest, woodlands and grasslands
- agricultural residue
- animal residue.

Complex in nature, the use of traditional fuel has multitudinous ramifications in contributing to deforestation, environmental degradation, increasing women's burden in all the fuel-related activities, severe health risks, and slow and hesitant adoption of alternative modern technological fuels and non-conventional energy resources. Through the last few centuries there has been a rapid decline in the available fuel resources. Today, for the people of the Himalayas in general, and the Himachal Himalaya in particular, the struggle for the traditional domestic fuel is the struggle for survival. Many scholars of mountain geoecology across the world have been attracted toward this problem (ARNOLD and JOGMA, 1978: 2–9; AGARWAL, 1986: 180–187, 190–195, 199–200; CHATURVEDI, 1987: 60–65; DHAR and SHARMA, 1987; ECKHOLM et al., 1984: 9–46, 88–105; IVES and MESSERLI, 1989: 1–16; KEEFE, 1983: 6–12; SMITH, 1981). A general understanding of the traditional domestic fuel and its associated problems has been attained in these research publications; but the Himalayas constitute a region of vast diversity in culture and ecology and the scholars tend to

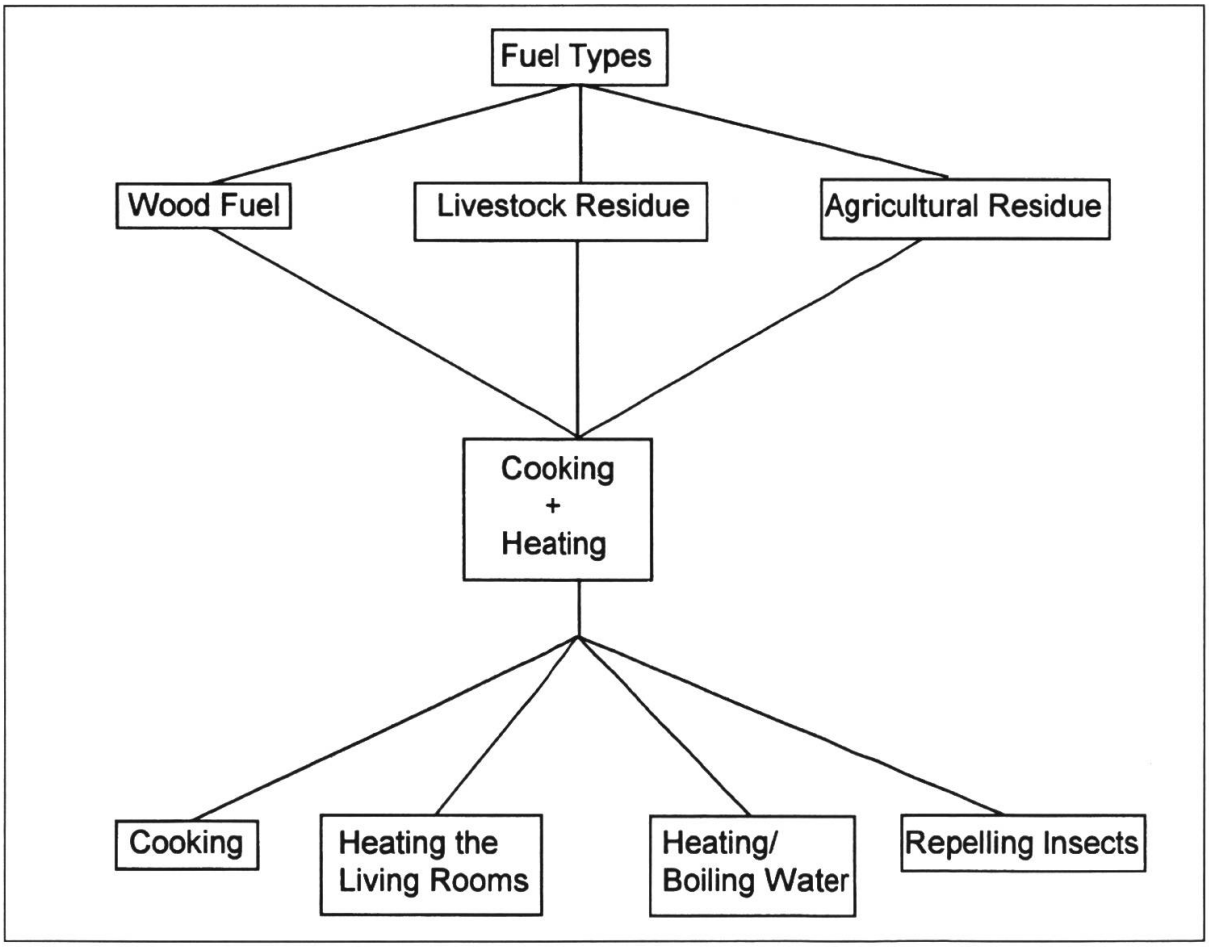


Fig. 1: basic fuel types and their domestic uses.

generalise and to rush to formulate solutions which may not be economically viable, culturally acceptable, technologically feasible, and politically supportive.

This paper attempts to study some of the less investigated and understood aspects of the traditional domestic fuel of the Himachal Himalaya, its resources and their spatial pattern, women's involvement in fuel-related activities, the indigenous technology of its use, its continuity and change, and the regions of fuel use. The study is based on the following tentative hypotheses:

- In a forested, hilly region, characterised by agricultural mode of living, the core component of the fuel system would be formed by wood supplemented by the agricultural and livestock residues.
- The component types are likely to vary according to the altitudinal-ecological zones. Hence their proportions in the total fuel consumption will vary accordingly.
- The preferred types of fuels and the levels of their consumption also vary among different social segments identified by economic levels determined by the size of landholdings within particular social groups, but not related to the social groups per se.
- In the simpler agrarian cultures of the rural Himachal, it is expected that the women would do most of the work of collecting, transporting, storing, and using the fuels.
- With the increase in the local population and the gradual decrease in the forest land area the precarious and subtle balance between fuel needs and fuel resources is adversely affected, necessitating increasingly longer distances to be walked and more time to be spent in collecting and transporting fuelwood home and in search for alternative fuels.
- Modernisation of the Himalayan traditional domestic fuel system is related to the nearness to the towns that act as centres of diffusion of modern technological elements.
- The consumption level of the traditional domestic fuel would vary according to the seasons and altitudinal ecological zones.

This paper is being submitted as a humble tribute to Professor Bruno Messerli, a friend of many years and unquestionably the greatest scientist and the most humane and inspiring scholar of the Asian Himalayan geoecology.

The Himachal Himalaya: Context

The Himachal Himalaya, located between the Uttarkhand Himalaya to the east and the Kashmir Himalaya to the west, extends from Tibet to the Indo-Gangetic Plains. In common with other parts of the Himalayas, the Himachal Himalaya displays vast diversities in the physical and human elements of the region (Fig. 2):

- Altitudinal-ecological zones: At least five altitudinal-ecological zones can be identified: Trans-Himalayan Zone, Greater Himalayan Zone, Lesser Himalayan Zone, Lower Himalayan Zone, Outer Himalayan Zone. The zonal pattern displays a climatic profile of sub-tropical regime in the lower elevations and polar regimes in the higher ones.

– Vegetation: The natural vegetation consists of forest, grasslands, woodlands, and thorn and scrublands. Obviously the most important resource of the fuels is the forest cover, the distribution pattern of which corresponds, more or less, to the pattern of altitudinal variations. Forest cover is almost absent in the Trans-Himalayan zone. It is sparse and fragmented in very small patches in the Outer Himalayan zone. Even in the higher tracts of the Greater Himalayan zone the original forest cover is all but gone or was not there at all in the past. In the lower and the southern parts of the greater Himalayan zone forest cover occurs in small, extensive patches. Wood is collected in the form of small branches and twigs, more as fallen on the ground than by chopping. Almost all the vegetation species provide fuelwood in one form or another. Even leaves are collected in large bundles. Forest trees and grass provide fuel in every ecological-altitudinal zone.

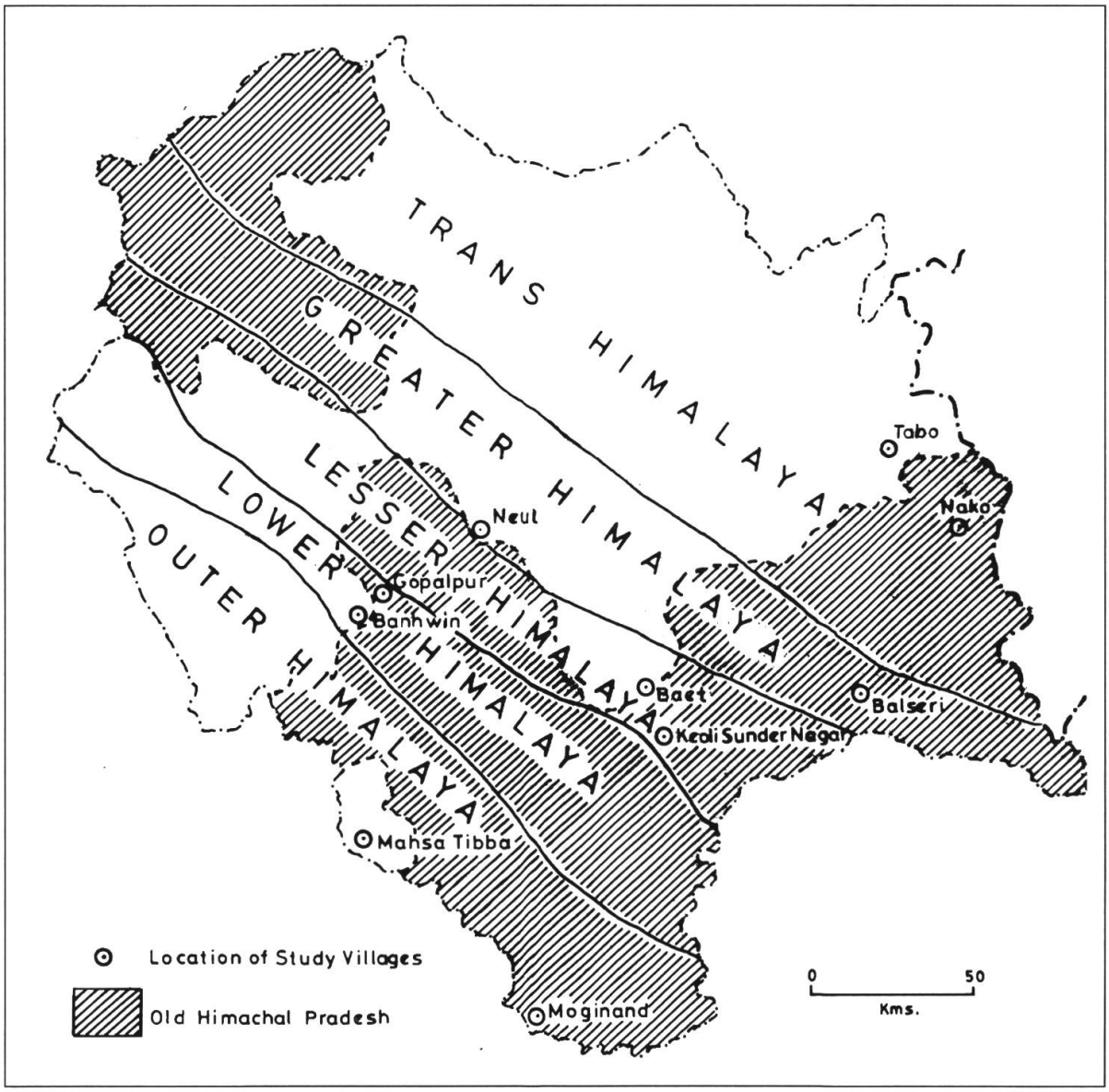


Fig. 2: Himachal Pradesh and the location of the study villages.

- Territorial evolution: The state of Himachal Pradesh is historically divided into the old and the new part; the new part has been under the state rule for much longer time than the old part that was administered for a longer time by the Government of India. The territory of the present-day Himachal Pradesh, which corresponds to Himachal Himalaya, has evolved through several stages, each of them characterised by a particular kind of administration that included the administration of the survey, exploitation, and conservation of the forests and forest resources. This in turn affected the status of the forests and ultimately the resources of the traditional domestic fuels.
- Rural population: The rural population is about 3.9 million persons, which is a little more than 90% of the total population of the state. This population lives in about 17 000 villages, at an average of about 230 persons per village. The life in the state is, therefore, agrarian in production organisation, social character and traditional living. Throughout the state of Himachal Pradesh the rural households use the traditional domestic fuels for their hearth and home in a combination of wood, agricultural residue, and livestock residue. Their dependence on this fuel is almost complete. The rural population has registered a growth of about 23% between 1971 and 1981 that is accompanied by a large consumption of fuel; and this, in its turn, has entailed a heavy drawl from the forest cover of the woodfuel. During this period, the forest area has declined from 2143 000 hectares to 2 116 000 hectares.

Methodology

The methodology is founded in spatial-environmental and spatial-cultural approaches. Ten villages have been selected on the basis of their location in the map prepared by superimposing the altitudinal-ecological zones, the distribution of forest cover, and the Old and the New divisions of Himachal Pradesh (Fig. 2, Tab. 1).

Tab. 1: Characteristics of the study villages. Source: field work and Census of Himachal Pradesh. For location of villages see Fig. 2.

Village	District	Ecological zone	Old or New	Distance to forest (km)	Distance to road (km)	Nearest town (km and name)	Population	Households	Average size of household	Number of hamlets
Moginand	Sirmaur	Outer	Old	3	0	13 (Nahan)	668	128	5	5
Mahsa Tibba	Solan	Outer	New	3	1	9 (Nalagarh)	208	33	6	2
Gopalpur	Mandi	Lower	Old	2	2	49 (Mandi)	343	61	6	4
Bahnwin	Hamirpur	Lower	New	2	5	26 (Hamirpur)	290	59	5	3
Keoli Sundernagar	Shimla	Lesser	Old	2	5	20 (Rohru)	287	50	6	2
Baet	Kullu	Lesser	New	3	5	15 (Rampur)	429	90	5	2
Balseri	Kinnaur	Greater	Old	1	20	139 (Rampur)	479	90	5	2
Neul	Kullu	Greater	New	2	10	30 (Kullu)	1304	196	7	5
Nako	Kinnaur	Trans	Old	–	5	185 (Rampur)	529	132	4	2
Tabo	Lahaul&Spiti	Trans	New	–	2	244 (Manali)	538	115	5	1

Each zone is represented by two villages in the Old and New Himachal Pradesh. The in-depth study of the selected, individual villages has the same strong basis as the old established practise of the cultural anthropologists and cultural geographers (BERREMAN, 1972: 1–30; BHATT, 1978: 251–258; GROVER, 1990: 124–134). Most anthropologists argued for the validity of a cultural analysis of individual, representative villages and the formulation of conceptual and many methodological statements. Thus, even though they are individual villages, they will be able to express the spatial patterns.

This paper is based entirely on the data collected through fieldwork with the following components:

- *Questionnaire:* The entire body of data has been captured by the questionnaires that were administered to all the selected households of the study villages. The questionnaire used is basically anthropological in character; its orientation is not only to culture but also to environment and the processes of interaction; the questions asked many, if not all the aspects of the traditional domestic fuel system of Himachal Pradesh. The selected households fully represent all the socio-economic and social groups living in the villages.
- *Observation:* Observations of the ecological landscape, the perpetual struggle of women with this landscape, daily life cycle, diet system, and fuel system helped us enormously in our understanding of the fuel system and the essentials of the Himalayan way of living. Observations were conducted on the relevant features in such a way that the inhabitants of the village are neither alerted nor involved in my work.
- *Measurement:* The quantity of wood, dung, and crop residue used as fuel in a family has not been documented as yet in published literature. We weighed by a simple weighing machine the amounts of fuelwood, dung cakes, and crop residue consumed by all households of a specific selected village separately.
- Unstructured conversation: Unstructured conversation with wide-ranging groups of persons, villagers and officials of various ranks were conducted to collect both general and specific information particularly related to the entire gamut of the fuel-related problems. Conversations with environmentalists living in the area and village women revealed many aspects of the fuel that could not be obtained by any other method.
- Collecting material from the Village and Forest Officials: We collected large amounts of information from the villagers and their suggestions on many less known aspects of the fuel problem. In particular we collected information on the continuity of the traditional domestic fuel phenomenon and the changes affected by the state governmental intervention of alternative fuels and related equipment.

Major conclusions

1. The indigenous traditional domestic fuels and the variety of their uses constitute a continuing tradition that is slowly changing in response to the internal stimuli of increase of population and of demand for the traditional fuel on the one hand, and of ecological depletion resulting from a tremendous increase in the external

demand for timber and wood and the adoption of new technologies, modernisation, and developmental attributes on the other hand.

2. The analysis of data collected from the households of the selected villages reveals that the genetic types of indigenous domestic fuels are derived from within the small, local, ecological niches of natural vegetation, agricultural resources, and livestock resources specific to the particular altitudinal-ecological zones of the Himalayas.

3. Woodfuel, derived entirely from the forest trees and constituting the core of the traditional domestic fuel system, is used universally in all the zones in each and every rural household for a wide range of purposes, the principal use being that of preparing the meals, and its use cuts across the entire socio-economic spectrum (Tables 2 and 3). The total woodfuel consumption comes to a staggering 260 000 kilograms, almost 80 per cent of the total fuel consumption; its proportion in the total fuel consumption of each zone varying sharply, depending upon its use in the several domes-

Tab. 2: Annual consumption of woodfuel, livestock residue, and agricultural residue (kilograms). For location of villages see Fig. 2.

Village	Total consumption	Woodfuel	%	Livestock residue	%	Agricultural residue	%
Moginand	31 200	15 600	50	9 360	30	6 240	20
Mahsa Tibba	8 320	4 160	50	2 496	30	1 664	20
Gopalpur	46 800	23 400	50	11 700	25	11 700	25
Bahnwin	30 982	15 496	50	7 748	25	7 748	25
Keoli Sundernagar	59 852	41 860	70	8 996	15	8 996	15
Baet	57 200	40 040	70	8 580	15	8 580	15
Balseri	60 320	51 272	85	6 032	10	3 016	5
Neul	48 700	42 408	87	4 212	9	2 080	4
Nako	26 156	15 704	60	7 852	21	2 600	19
Tabo	14 614	9 362	64	3 952	27	1 300	9
Total	384 144	259 386	67	70 934	18	53 924	15

Tab. 3: Annual fuel consumption (% of the total) in different purposes (N1 stands for a condition in which the hearth for the heating of rooms is the same as for heating water). Source: field enquiries. For location of villages see Fig. 2.

Village	Cooking	Water heating	Heating of rooms	Repelling insects
Moginand	68.67	17.83	11.22	2.26
Mahsa Tibba	67.15	17.43	10.97	4.42
Gopalpur	58.51	21.00	14.17	6.30
Bahnwin	67.53	17.31	11.68	3.46
Keoli Sundernagar	56.56	28.28	14.68	0.46
Baet	55.63	27.81	14.44	2.09
Balseri	63.79	18.10	18.10	Nil
Neul	52.17	28.08	21.73	Nil
Nako	50.00	50.00	N1	Nil
Tabo	66.66	33.33	N1	Nil

tic purposes and the extent to which it is supplemented by other traditional fuels. From the Lower to the Lesser and Greater Himalayas the proportion increases considerably.

4. Many allegations of the forest officers against the local hillfolk felling trees for extracting fuelwood can be proved false only by sustained observations: The ordinary mountain-folk almost never fell a tree for the extraction of woodfuel but derive it mostly from fallen twigs, branches, and collect even dried leaves. Lopping of branches and twigs, however, can be observed.

5. Although all the three traditional fuels – wood, agricultural residue, and livestock residue – are used in all the households regardless of the socio-economic class, the proportion of each in the total fuel consumption varies markedly among such classes; the consumption of wood being lesser and that of the two types of residues far lesser among the lower classes than among the higher.

6. Woodfuel consumption has larger share than even the combined total of the two residues' share in the total traditional fuel consumption in all the four domestic purposes (Tab. 2), notwithstanding the fact that – contrary to what the environmentalists would have us to believe – animal residue and crop residue contribute to a significant share to the total domestic energy consumption.

7. Economic determinism does not provide either all or even convincing explanations of the amount of traditional domestic fuel consumption and its zonal variations, the explanations being hidden in such intricate details of the number of items comprising a meal, and modes of cooking, all of which are integrated to constitute an old and continuing tradition.

8. Although people are aware of the presence of the technological fuels their adoption is not at all impressive (Tab. 4), being limited mainly to kerosene and kerosene stoves, and a wider adoption is hampered by small and irregular supply. Even where adopted, kerosene is merely a supplementary fuel. There has been a much wider diffusion of improved Chullah, an integral part of the traditional trait.

Tab. 4: Extent of use of modern fuels, hearth equipment, and cooking utensils by households. Source: field enquiries. For location of villages see Fig. 2.

Village	households selected	modern fuels	Modern hearth equipment	Modern cooking utensils	Landholding per household
Moginand	42	27 (64)	14 (33)	22 (29)	2.88
Mahsa Tibba	11	8 (73)	6 (55)	3 (27)	2.81
Gopalpur	20	10 (50)	3 (15)	15 (75)	1.24
Bahnwin	20	9 (45)	10 (50)	6 (30)	0.76
Keoli Sundernagar	16	11 (69)	5 (31)	5 (31)	1.42
Baet	30	4 (13)	X	4 (13)	0.76
Balseri	30	3 (10)	25 (83)	5 (17)	1.60
Neul	65	4 (6)	60 (92)	5 (8)	0.99
Nako	44	32 (73)	4 (32)	3 (7)	0.75
Tabo	38	26 (68)	25 (66)	5 (13)	0.41

Legend: X = absence of response. Figures outside brackets: number of responding households. Figures within brackets: percentage of the responding households to the enumerated households. Modern fuels include kerosene, coal, L.P.G. and electricity. Landholdings are expressed in hectare units.

9. Modernisation level continues to be low because of tradition-bind, even though the state agencies are trying to effectively distribute kerosene.
10. A reconstruction of the evolution of the inter-relationship of population growth, reduced forest cover, and modernisation of traditional fuel system reveals three stages: pre-1947, 1948–1965, and post-1965. During the first stage the state had a population of about 2.3 million, a fairly large forest cover, and limited internal and external demand on fuelwood and timber. The burden of fuel-related activities on women was light. They walked small distances to pick up the woodfuel and timber and the level of modernisation was very low. This stage can be described as one of continuity and tradition. During the second stage the population went up to more than 2.4 million, and in 1961 it went up to more than 2.8 million. The period saw rapid and widespread development through urbanisation, industrialisation, and the construction of a network of roads resulting in a considerable increase in both internal and external accessibility and a sudden spurt in the exploitation of forest resources. Women had to walk longer distances to collect fuelwood. This stage can be described as one in which the tradition continued and the environmental stress deepened. In the third stage, the state became a full-fledged administrative unit with larger area and resources, the population now was 3.4 million in 1971. Development accelerated with the emergence of a wider road network and a frighteningly high level of exploitation of forest wealth; the women walked more frequently longer distances to collect fuelwood and carried heavier headloads. It was during this stage that modernisation of the traditional fuel became perceptible over a much larger area. This stage can be described as one of the continuity of tradition of domestic fuels and of emergent modernisation.

References

ARNOLD, J.E.M., JOGMA, J., 1978: Fuel and Charcoal in Developing Countries. Unosylva, No. 29: 2–9.

AGARWAL, B., 1986: Cold Hearths and Barren Slopes. Allied Publications: 185–187, 190–195, 199–200. New Delhi.

BERREMAN, G.P., 1972: The Hindus of the Himalayas, Ethnography and Change. University of California Press, Berkeley.

BHATT, G.S., 1978: From Cast Structure to Tribe: the Case of Jaunsar Bawar. The Eastern Anthropologist, vol. 31: 251–258.

CHATURVEDI, A.N., 1987: Firewood as Main Energy Source in the Hills. In: DHAR, T.N., SHARMA, P.N. (eds.): Himalayan Energy Systems: 60–65. Gyanodaya Prakashan, Naini Tal.

DHAR, T.N., SHARMA, P.N. (eds.)., 1987: Himalayan Energy Systems. Gyanodaya Prakashan, Naini Tal.

ECKHOLM, E., POLEY, G., BARNARD, G., TIMBERLAKE, I., 1984: Fuelwood: an Energy Crisis That Won't Go Away. Earthscan: 9–46, 88–105. London.

GROVER, N., 1990: A Culturo-geographical Analysis of an Indian Village, Some Conceptual and Methodological Statements. Panjab University Research Bulletin, vol. 91, No. 1: 124–134.

IVES, J.D., MESSERLI, B., 1989: The Himalayan Dilemma. Reconciling Development and Conservation: 1–16. Routledge, London.

KEEFE, P.O., 1983: Fuel for the People: Fuelwood in the Third World. Ambio, vol. 12, No. 2.

MUKERJI, A.B., 1974: Morphogenetic Analysis of Rural Settlements of the Chandigarh Siwalik Hills. Panjab University Research Bulletin, vol. 5, No. 2: 59–93.

MUKERJI, A.B., 1976: Chandigarh Siwalik Hills. Some Aspects of Regional Rural Development. S.M. Ali Memorial Volume: 301–315. University of Sagar Press, Sagar.

MUKERJI, A.B., 1976: Rural Settlements of the Chandigarh Siwalik Hills, India. A Morphogenetic Analysis. Geographiska Annaler, vol. 58, Ser. B, No. 2: 95–115.

MUKERJI, A.B., 1983: Altitudinal Zonation of the Principal Land-use Components in the Western Himalayas (Himachal Pradesh). In MUKERJI, A.B., AHMAD, A. (eds): India: Culture, Society, and Economy: 513–540. Inter-India Publications. New Delhi.
SMITH, N., 1981: Wood: An Ancient Fuel With a New Future. Worldwatch No. 42.

Personal

Around the year 1970 Ruedi Kunz and Ueli Bichsel, two former students of Professor Bruno Messerli, happened to meet me in my office at Panjab University, Chandigarh, India. We struck friendship almost immediately and we remain family friends to this day. My Swiss friends kept on returning to India and through many occasions to our humble house. It was during these visits that Ueli and Ruedi introduced their former teacher Bruno Messerli in absentia, and in glowing words praised his personality, teaching, and scholarship.

During these occasional meetings I persuaded Ueli and Ruedi to recommend my name to Bruno Messerli for a possible appointment as a guest professor during the summer term at the Department of Geography of the University of Berne. Eventually Bruno Messerli sent an invitation for me to stay at the Institute during the summer of 1977 and deliver a series of lectures. This visit in Berne provided me a wide scope for interaction with Bruno Messerli, his colleagues, and his students. It was from all of them but especially from Bruno Messerli that I first became aware of the expanding sub-discipline of mountain geoecology. Without making any fetish of it, Bruno Messerli and the brilliant and productive research group – that he lead and continues to do so with dedication, commitment, and brilliance – effectively practised, published, and propagated the necessity of scientific knowledge to the understanding of the urgent problems facing the mankind all over the world in the areas where environmental resources are on the brink of exhaustion and the traditional ways of living are collapsing. Mountain geoecology was just beginning to take hold of the geographers' interest when Bruno Messerli emerged and established himself, through his path-breaking research, as the leading guru, perhaps a prophet, and certainly the principal spokesman, protagonist, and acclaimed leader of this field. It was very exciting for me to have been interacting with Bruno Messerli during the period when he was struggling hard in conducting fieldwork, formulating methodology, proposing concepts, and evolving hypotheses, all related to mountain geoecology. What inspired me most was his unflagging enthusiasm for questions, debate, discussions, fieldwork that encompasses the globe and not just Switzerland, his uncomprising integrity, and genuine modesty. The outstanding leadership and camaraderie that he commands is not only founded in his scholarship but also in his charming personality; I shall always cherish his friendship and remember him with gratitude for the many acts of moral support, encouragement, care, and concern. I pray for Bruno Messserli's long and healthy life for greater success in his studies of the mountains, that he so outstandingly represents.

Anath B. Mukerji is Professor emeritus of Geography at Panjab University, Chandigarh, India. He got his PhD from Louisiana State University. His major research interests are in cultural geography an in alluvial morphology.
Address: Prof. A.B. Mukerji, House No. 1161, Sector 7, Panchkula – 134 109, Haryana, India.

Karakorum im Wandel

Ein methodischer Beitrag zur Erfassung der Landschaftsdynamik in Hochgebirgen[1]

Matthias Winiger

1. Vergleichende Hochgebirgsforschung und methodische Defizite

Erfassung und Interpretation von Umweltveränderungen sind zentrale Themen von «Global Change». In Hochgebirgsräumen wird das Problemfeld durch die zwischen Hoch- und Tiefländern ablaufenden Prozesse erweitert, fokussiert auf die Frage, wieweit Umweltveränderungen im Gebirge sich auch auf die Verhältnisse im Vorland auswirken. Diesem speziellen Aspekt, und darüber hinaus generell der globalen Bedeutung der Gebirge als fragile Ressourcenräume, wird in verschiedenen internationalen Strategiepapieren und Konventionen Rechnung getragen (z.B. «Agenda 21» der UNCED-Konferenz in Rio de Janeiro 1992, Alpenkonvention, Forschungsprogramme UNESCO–MAB usw.).

Die in diesem Kontext erarbeiteten Modellvorstellungen sind in erster Linie auf das Prozessverständnis ausgerichtet. Sie haben sich bezüglich ihrer prognostischen Relevanz an der gegenwärtigen und der abgelaufenen Umweltdynamik zu messen – vorausgesetzt, Umweltveränderungen sind das Ergebnis systemimmanenter Gesetze und nicht verursacht durch externe Einflüsse, die ausserhalb der untersuchten Prozess-Skala eines deterministischen «Umweltmodells» liegen. Umweltzustände und -prozesse, einschliesslich der anthropogenen Einwirkungen, werden hier im Sinne LESER's (1991:187) als Charakteristika eines Landschaftsökosystems verstanden, das sich räumlich als «Landschaft» manifestiert. Der anthropogene Anteil der Landschaftsausstattung variiert je nach Nutzungsform und -intensität und findet seinen Ausdruck in der Landnutzung (MESSERLI & MESSERLI, 1978).

Qualitativ und quantitativ erfassbare Landschafts-, insbesondere Landnutzungsveränderungen können als visuell feststellbares Ergebnis der sich inhaltlich und in der Intensität wandelnden Mensch–Umweltbeziehungen gewertet werden. Das veränderte Landschaftsbild ist dabei nicht monokausal interpretierbar, wohl aber Beleg für abgelaufene oder immer noch aktive Prozesse. So haben beispielsweise im Zusammenhang mit der Entwaldung des Himalaya und allenfalls daraus abzuleitender Erosions- und Überschwemmungsvorgänge IVES & MESSERLI (1989) auf die Bedeutung der Erfassung von Landschaftsveränderungen als Indikator der sie verursachenden

1 Die diskutierte Thematik ist Teil des noch laufenden interdisziplinären DFG-Schwerpunktprogrammes «Kulturraum Karakorum» (CAK, «Culture Area Karakorum»). CAK wird von Prof. Dr. Irmtraud STELLRECHT (Ethnologie, Tübingen; Gesamtkoordination), Prof. Dr. Eckart EHLERS (Anthropogeographie, Bonn) und Prof. Dr. Matthias WINIGER (Physische Geographie, Bonn) geleitet. Neben Wissenschaftlern aus den genannten Fächern beteiligen sich auch Sprach-, Religionswissenschaftler und Ökologen an CAK.

Prozesse hingewiesen. Sie haben gleichzeitig beklagt, dass einschlägige Untersuchungen in den Teilregionen des Himalaya kaum existieren und noch viel weniger das Zusammenwirken der Prozesse unterschiedlicher Skalen verstanden wird.

Dabei gilt für den überwiegenden Teil der Hochgebirgslandschaften, dass Rekonstruktionsmöglichkeiten der Landschaftsdynamik unter der spärlichen und heterogenen Datenlage leiden. Die Kategorien interpretierbarer Daten sind von Zeit und Ökosystem abhängig und decken ein breites Spektrum von Paläodaten (z.B. Pollen, Geomorphologie) bis zu bildlichen Darstellungen ab. Aber selbst die Veränderungen des jüngsten, für den globalen Wandel dynamischsten Zeitabschnittes des 20. Jahrhunderts lassen sich häufig nur summarisch oder dann nur sehr lokal dokumentieren oder im Blick auf ihre Ursachen untersuchen. Luftbilder, Karten und andere landschaftsbezogene Dokumente, Daten oder Beschreibungen sind nur für wenige Gebirgsräume in repräsentativer Dichte verfügbar. Eine gezielte und systematische Sichtung von Archiven, der Einbezug der Möglichkeiten Geographischer Informationssysteme (GIS) und ergänzende Felderhebungen dürften allerdings in vielen Fällen ein noch nicht ausgeschöpftes Interpretationspotential erschliessen. Drei Beispiele aus dem Karakorum sollen dies belegen.

2. Karakorum: Landschaft, Probleme und Indikatoren

Das Karakorum-Gebirge (Abb. 1) im Scharnierbereich zwischen Himalaya, Hindukusch und Pamir gilt als weltweit höchste Massenerhebung. Die Lage in diesem tektonisch immer noch sehr aktiven kontinentalen Kollisionsbereich resultiert in einem extrem steilen, instabilen Relief. Die dominante Ausrichtung der Gebirgsketten von NW nach SE erzeugt ein Talsystem, das neben Längstälern im Gebirgsinnern auch eine Reihe meridional verlaufender, schluchtartiger Durchbruchstäler aufweist.

Für das Landschaftsbild ebenso entscheidend ist die Tatsache, dass sich der altweltliche Trockengürtel diagonal über das Gebirge legt und damit zu einer klimatisch-ökologischen Gliederung führt, die deutlich vom randtropischen SE-Himalaya abweicht. Die bereits von TROLL (1939), PAFFEN et al (1956) und SCHWEINFURTH (1957) beschriebenen Vegetationsverhältnisse belegen die Trockenheit der tief eingeschnittenen Täler, die kühl-temperierten mittleren Gebirgslagen und kalt-humide Hochgebirgsstufe. Nord- und Südhänge unterscheiden sich auf Grund unterschiedlicher Strahlungs- und Schneebedeckungsverhältnisse. Ein hygrischer Gradient überlagert die Vertikalstruktur von den humideren Randketten des westlichen Himalaya zu den arideren Gebirgsteilen im Norden. Für das Feuchteregime verantwortlich sind die saisonalen Einflüsse von monsunal, bzw. ektropisch geprägten Luftmassen, deren synoptische Charakteristika FLOHN (1969) analysierte. Die Niederschlagswirksamkeit wurde von REIMERS (1992) und WEIERS (1995) untersucht. Im Rahmen der gegenwärtig laufenden Geländearbeiten werden die klimatischen und ökologischen Bedingungen vor allem in der dreidimensionalen Struktur erfasst, unter anderem mit Hilfe eines Netzes automatischer Klimastationen, die den mittleren Höhenbereich (3000–5000 m ü.M.) ausgewählter Testräume abdecken.

Die traditionelle landwirtschaftliche Nutzung basiert auf der Kombination von Bewässerungsfeldbau in den trockenen, thermisch begünstigten Talböden, bzw. tie-

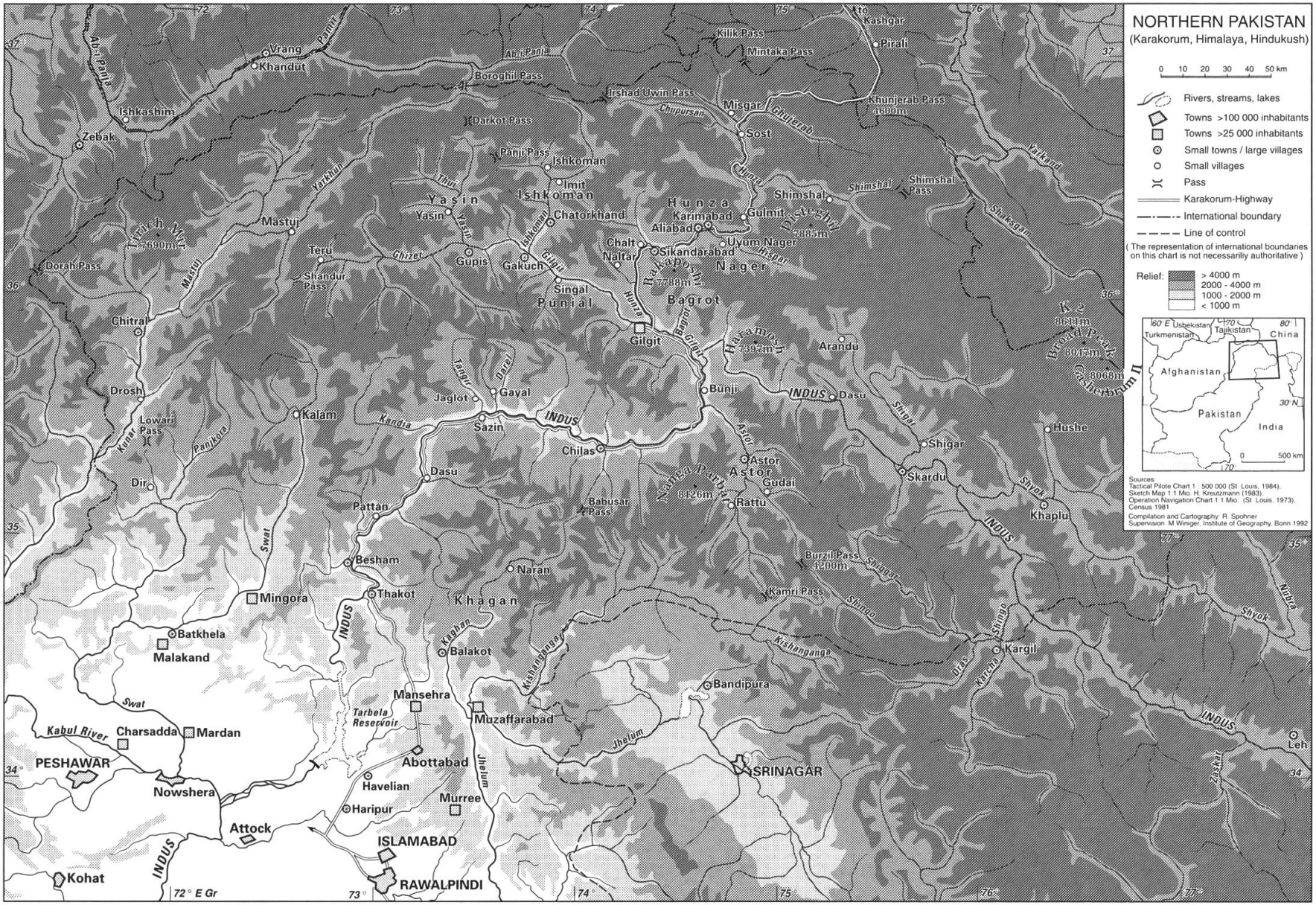


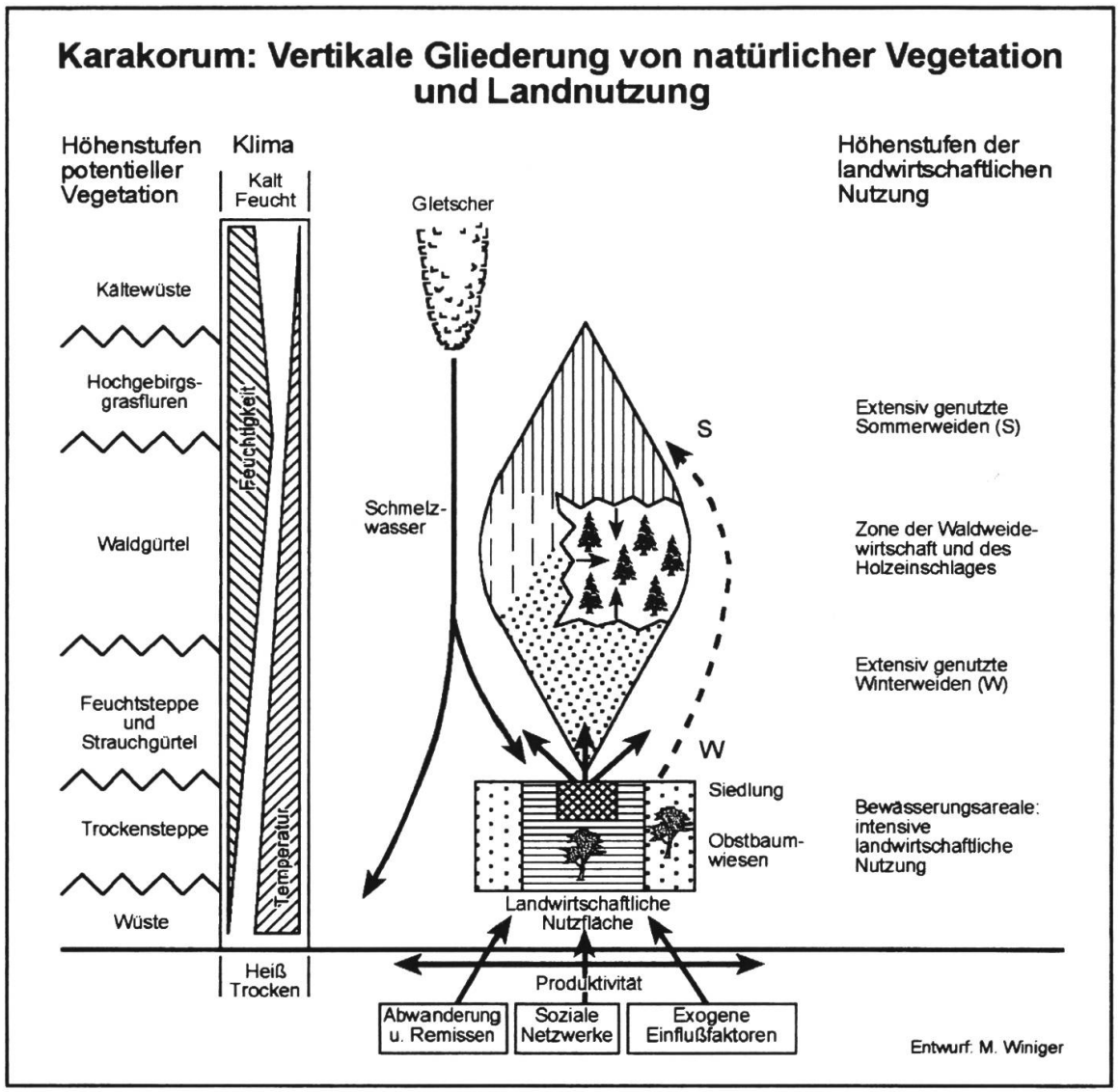
Abb. 1: Karakorum, West-Himalaya, östlicher Hindukusch.

feren Hanglagen, sowie extensiver Beweidung der trockenen Steppenformation der unteren Hangbereiche (Winterweiden) und der feuchtigkeitsbegünstigten Hochweiden (Sommerweiden). In den südlicheren Gebirgsketten liegt zwischen den Weidestufen ein Waldgürtel, der weiter nordwärts – mit zunehmender Trockenheit – nur noch auf nordexponierten Hängen vorhanden ist und schliesslich ganz ausbleibt. Mit diesem räumlichen Formationswandel verbunden ist auch der Wechsel von feuchten Waldgesellschaften zu solchen trockener Ausprägung. Diese Wälder, ebenso wie die verbuschten Gebiete (z.B. *Juniperus*-Büsche in den trockenen Hangbereichen unterhalb der unteren Waldgrenze) sind ein wesentlicher Teil des Nutzungssystems.

Die limtierenden naturräumlichen Faktoren der Nutzung sind – bezogen auf die einzelnen Nutzungskomponenten – topographischer und klimatischer, bzw. hydrologischer Natur: Anbauflächen und Bewässerungswasser entscheiden über das Bewässerungspotential. Ausdehnung, Ergiebigkeit und Zugänglichkeit der Winter- und Sommerweiden bestimmen die naturräumlichen Grundlagen der Tierhaltung. Die Kontrolle dieser natürlichen Ressourcen sind in der traditionellen landwirtschaftlichen Gesellschaft immer wieder Gegenstand von Verhandlungen und Streitfällen. Räumlich und zeitlich wird die Nutzbarkeit des Raumes, insbesondere aber die Kommunikation innerhalb der Täler und zu den Vorländern durch die Begehbarkeit der Pässe und Täler und durch gebirgsspezifische Naturgefahren eingeschränkt (Hochwasser, Schnee, Lawinen, Steinschlag).

Marktzugang, ausserlandwirtschaftliche Einkommen und Zufluss von Mitteln aus staatlicher und privater Förderung sind immer wichtiger werdende Stützen des wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Systems. Der externe Mittelzufluss ergibt sich nicht zuletzt aus der Kommunikation mit den vorgelagerten Tiefländern – eine Verbindung, die im historisch wechselnden Kontext von grosser Dynamik gekennzeichnet ist. Der in jüngster Zeit entscheidende Kommunikations- und Innovationsschub ist mit der 1978 erfolgten Eröffnung des *Karakorum Highway* (KKH) verbunden, der einen Austausch materieller und nicht-materieller Güter in bisher nicht gekanntem Ausmass einleitete. Der zunehmende Massentransport von Gütern und Menschen führt zu einer sich beschleunigenden Anpassung von Wirtschaft und Gesellschaft des Hochgebirgsraumes an die Wirtschafts- und Lebensformen des Vorlandes. Besonders attraktive Räume (z.B. Hunza) öffnen sich zudem immer mehr dem Tourismus – mit den aus dem Himalaya bekannten Begleiterscheinungen. Es ergeben sich neue Abhängigkeiten von Umweltfaktoren: In den nahe des KKH gelegenen Gebirgsteilen sind nicht mehr in erster Linie der Zugang zu den Weiden und Bewässerungsmöglichkeiten prioritär, sondern ebenso die Anbindung an den KKH und die Sekundärstrassen, wie auch das Sicherstellen der ganzjährigen Befahrbarkeit dieser Verbindungen. Diese neuen verkehrspolitischen Kriterien werden immer mehr zum entscheidenden limitierenden Faktor.

Aus der Verkehrserschliessung der Hochgebirgsregion entstehen teilweise neue Nutzungsmuster und -intensitäten. Betroffen sind namentlich die Waldgebiete, Weiden, Siedlungs- und Anbauflächen. In zahlreichen Tälern Kohistans, aber auch in den Nachbartälern Gilgits hat der lukrative Holzhandel zu gebietsweisem Kahlschlag oder zumindest massiver Beeinträchtigung der Waldgebiete geführt. Vielerorts werden die alten, eng zusammengebauten Dörfer (*Kots*) dem Verfall preisgegeben und durch Streusiedlungen ersetzt.



+ POTENTIALE

- **Anbauflächen**
  (Schuttfächer; Uferterrassen)
- **Gletscherschmelzwasser**
  (Zeitlich unlimitiert)
- **Weide, Waldgebiete**
  (In Relation Anbauflächen ausreichend)
- **Nähe KKH und Zentren**

- LIMITIERUNGEN

- **Hazards**
  (Steinschlag; Überflutungen; Murengänge; Lawinen)
- **Schneeschmelzwasser**
  (Zeitlich limitiert)
- **Weide, Waldgebiete**
  (In Relation Anbauflächen knapp)
- **Abgelegen von KKH und Zentren**

Abb. 2: Die vertikale Anordnung der natürlichen Vegetation und der Landnutzung im Karakorum-Gebirge. Aufgeführt sind die Vegetationsstufen, klimatischen Gradienten, Nutzungen. Die Produktivität ist als relative Grösse zu verstehen (Netto-Primärproduktion). Gunst-, bzw. Ungunstfaktoren sind als +Potentiale, bzw. –Limitierungen aufgelistet.

Zeichen der Intensivierung sind neue Anbaumethoden und -kulturen. Auch steile und äusserst instabile Hänge in tieferen Lagen werden bewässert. Wasser wird in vielen Fällen mit grossem technischem Aufwand herangeführt, Terrassen werden an Steilhängen angelegt und stark gefährdete Überflutungsbereiche unter Kultur genommen. Die Winterweiden sind fast überall extrem übernutzt und der grosse Bedarf an Brennholz führte namentlich in der Umgebung vieler Orte (z.B. Astor) zu einer weitgehenden Verödung der Hänge. Der Druck auf die Hochweiden scheint dagegen nicht überall gleich stark zu sein. Unverändert intensiv werden sie im Raum des Nanga Parbat genutzt (CLEMENS, NÜSSER, 1994), während ein gebietsweise leichter Rückgang in Hunza beobachtet worden ist. Über die Auswirkungen der Veränderungen innerhalb dieses Raumes und auf das Vorland gibt es noch keine Untersuchungen.

Naturräumliche Ausstattung, traditionelle landwirtschaftliche Nutzung und Potentiale, bzw. Einschränkungen sowie die neuen Formen wirtschaftlicher Ergänzungen sind in Abb. 2 schematisch dargestellt. Als Indikator für die höhenabhängige, natürliche Vegetationsausstattung und deren Nutzung steht eine hier nicht weiter definierte «Biomassen-Produktivität». Ebenso aufgeführt sind Bewässerungspotential und ausserlandwirtschaftliche Komponenten des Nutzungssystems.

Erschliessung, gesteigerter Güteraustausch und neue Nutzungsformen sind also landschaftswirksame, räumlich differenzierte Aktivitäten. Sie sind an den erkennbaren physischen Veränderungen festzumachen, deren exemplarische Erfassung im folgenden diskutiert werden soll.

3. Indikatoren der Landschaftsveränderung und Daten

Wir haben «Landnutzung» als Ausdruck anthropogener Inwertsetzung der natürlichen Potentiale, «Landschaft» als räumliche Manifestation der gesamten naturräumlichen und anthropogen veränderten Raumausstattung definiert. Die Erfassung der landschafts-ökosystemaren Komponenten, Flüsse und Strukturen verlangt ein wissenschaftlich umfassendes Instrumentarium aus verschiedensten Fachbereichen. Der damit verbundene Aufwand ist jedoch nur in Ausnahmefällen zu erbringen. Die Reduktion der Landschaft auf deren visuell erkennbare Ausstattung ist dann ein vertretbarer Kompromiss, wenn es gelingt, die sichtbaren Landschaftselemente als Indikatoren für umfassendere Teilkomplexe des Ökosystems zu interpretieren.

So sind Vegetationsformationen (z.B. Wälder in charakteristischer Zusammensetzung) Zeiger klimatisch-bodenbedingter Voraussetzungen, wobei Modifikationen durch die Nutzung in Rechnung zu stellen sind. Waldstrukturen (Zusammensetzung, Alter, Nutzungsspuren usw.) sind als Nutzungsweiser interpretierbar. Die Kulturlandschaft, insbesondere die bebauten und überbauten Gebiete, liefert eine Fülle von Hinweisen auf die in ihr ablaufenden menschlichen Aktivitäten, aber auch auf die sie beeinträchtigenden Naturgefahren. Parzellierung, Erschliessung, Infrastruktur (Mauern, Kanäle, Terrassen, Wege, Brücken, usw.), Anbaufrüchte, Bebauung (Häuser, erkennbare Funktionen, Zustand) sind in ihrer räumlichen Struktur und ihrer zeitlichen Veränderung wichtige Elemente der Raumanalyse. Für weiterführende Interpretationen, etwa mit Blick auf Entscheidungen und Handlungen, sind aller-

dings grösste Vorbehalte und Zurückhaltung angezeigt. Sie setzen eine gute Kenntnis der geographischen und historischen Gesamtsituation voraus.

Im Blick auf Zeitreihenanalysen sind Bilddokumente (Luftbilder, Schrägansichten), möglichst in Kombination mit Karten, aussagestarke Daten, deren Auswertung EWALD (1987) exemplarisch für schweizerische Landschaften durchgeführt hat. Das Auswertungspotential von künstlerischen Landschaftsdarstellungen ist von ZUMBÜHL (1980) am Beispiel des Alpenraumes für gletschergeschichtliche und darüber hinausgehende Analysen aufgezeigt worden. KICK (1993, 1994) wertete Bildmaterial von Adolph Schlagintweit für das Gebiet des Nanga Parbat aus. Im Verbund mit naturwissenschaftlichen und historischen Methoden lässt sich das Aussagepotential wesentlich steigern, wie die Arbeiten von PFISTER et al. (1994), wiederum im Zusammenhang mit klimageschichtlichen Veränderungen, belegen.

Interessant sind neue Möglichkeiten der Datenmodellierung im Zusammenhang mit Naturraumausstattung und Landschaftsentwicklung. Aus der statistischen Auswertung digitaler Geländedaten und Angaben zur Raumausstattung (Vegetation, Landnutzung) lassen sich dreidimensionale Verteilungen bestimmen, die unter gewissen Voraussetzungen (Verfügbarkeit vertikaler Klimagradienten) regional klimatisch-ökologisch interpretierbar sind. Aus solchen Modellen lassen sich potentielle Vegetationsverteilungen annähern und allenfalls klimatische Veränderungen in ihrer Auswirkung auf die Vegetation interpretieren. Auch hier ist der Beizug von komplementären Untersuchungen angezeigt, wie das zweite Auswertungsbeispiel nahelegt.

Für die Rekonstruktion dynamischer Prozesse und spezifischer Landschaftsveränderungen ist die Interpretation «Stummer Zeugen» grundlegend, wie sie beispielsweise in der Geomorphologie, der Naturgefahrenforschung oder in der Paläoökologie (Pollenanalysen, Dendroökologie, physikalische Datierungsmethoden usw.) eingeführt sind. Im Zusammenhang mit der Entwaldung von Gebirgen hat sich die Analyse von Baumrelikten als effiziente und aussagestarke Rekonstruktionsmethode erwiesen. Eine entsprechende Analyse für das Gebiet des Karakorum soll am dritten Beispiel gezeigt werden.

4. Beispiele zur Analyse von Landschaftsveränderungen im Karakorum

4.1. Der Photovergleich

Die systematische entdeckungsgeschichtliche und wissenschaftliche Erschliessung des Karakorums setzte – abgesehen von einigen früheren Unternehmen – Mitte des 19. Jahrhunderts ein. Die ausgedehnten Forschungsreisen der Brüder SCHLAGINTWEIT brachten eine überwältigende Fülle detaillierter Beobachtungen, darunter eine Reihe hervorragender Skizzen und Aquarelle, um deren Auswertung sich W. KICK verdient macht (KICK, 1993; 1994). Für die Rekonstruktion des dynamischen Verhaltens einiger Karakorum-Gletscher sind diese minutiösen Aufzeichnungen wichtige Grundlagen. Qualitativ hervorragendes Bildmaterial des westlichen Karakorum steht von den Kampagnen des «Geological Survey of India» zur Verfügung (HAYDEN, 1907). Regional praktisch flächendeckend sind die terrestrischen photogram-

metrischen Aufnahmen des Nanga Parbat und des Hunza-Tales, die im Rahmen der Deutschen Himalaya-Expedition 1934 (FINSTERWALDER, 1935) und der Hunza-Karakorum-Expedition 1956/59 (PAFFEN, PILLEWIZER, SCHNEIDER, 1956) erstellt wurden[2].

Die standortgenaue Wiederholung ausgewählter Aufnahmen von 1934 und 1956/59 im Rahmen des CAK-Projektes in den Jahren 1994–1996 bildet die Basis der Erfassung regionaler Landschaftsveränderungen. Die methodischen Grundlagen des Vorgehens erarbeitete SPOHNER (1993). Die Auswertungen werden gegenwärtig an zahlreichen Beispielen weitergeführt. Die Analysen erfolgen je nach Fragestellung mit Hilfe der stereoskopischen Bildinterpretation oder mit den Methoden der terrestrischen Photogrammetrie.

Der grossräumige Bildvergleich mit direkter Umzeichnung des Bildinhaltes ist zweckmässig bei der Erfassung flächenhafter Veränderungen der Wald- und Weidebedeckung, die sich nicht parzellenscharf abgrenzen lassen. Als grösstes Problem bleibt die eindeutige Kategorisierung der Landschaftselemente. So konnten am Beispiel des Astor-Tals (östliche Begrenzung des Nanga Parbat) aus dem Photovergleich (1934/1995) der weitgehende Kahlschlag der offenen *Pinus*- und *Picea*-Bestände sowie die gebietsweise praktisch völlige Eliminierung der *Juniperus*-Büsche nachgewiesen werden. Der Vergleich des heutigen Landschaftsbildes mit der beispielhaften Vegetationskarte TROLL's (1939) hätte diese Aussage nicht ermöglicht.

Beide Prozesse sind in den Zusammenhang mit der Siedlungsverdichtung, der Ausnutzung der letzten verfügbaren Anbauflächen, der nicht optimalen Anbindung an den KKH und den daraus ableitbaren enorm gesteigerten Bedarf an Brennholz zu stellen. Eine differenziertere und weiterführende Interpretation (z.B. Bedeutung der nahegelegenen Waffenstillstands-Linie, verbunden mit hoher militärischer Präsenz und gleichzeitiger Blockierung alter Handelsrouten nach Kaschmir) kann im Rahmen dieses Aufsatzes nicht gegeben werden. Interessant ist aber die Feststellung, dass auf Grund ähnlicher Bildvergleiche im Chaprot-Tal (westliche Verlängerung des Hunza-Tals) eine ebenso weitgehende Abholzung nicht festgestellt werden kann. Ganz im Gegenteil hat sich der an Südhängen verbreitete *Juniperus*-Bestand zwischen 1959 und 1994 leicht verdichtete.

Für lagegenaue Analysen der Landschaftsveränderungen ist der Einsatz photogrammetrischer Auswerteverfahren unverzichtbar. So wird das mit Hilfe von Mittelformat- und vereinzelt auch mit Kleinbildkameras aufgenommene Bildmaterial an einem Analytischen Auswertegerät (MPSII) bearbeitet, in ein übergeordnetes Koordinatensystem transformiert und mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (ARC/INFO) den älteren Aufnahmen überlagert. Damit sind die Grundlagen für statistische Analysen und kartographische Darstellungen der Landschaftsdynamik verfügbar.

Grundlage für den gewählten photogrammetrischen Bildvergleich sind hochaufgelöste photographische Aufnahmen, standortgenau und mit möglichst identischer

2 Das originale Bildmaterial für unsere Auswertungsarbeiten, sowie die Kurvenpläne für das digitale Höhenmodell wurden uns freundlicherweise von Prof. Dr. R. Finsterwalder, Lehrstuhl für Kartographie und Reproduktionstechnik, TU München, zur Verfügung gestellt. Die topographische Karte des Hunza-Karakorum ist nachträglich fertiggestellt worden und wird von R. FINSTERWALDER in der ERDKUNDE, 1996, Heft 3, publiziert.

Orientierung aufgenommen. Für eine absolute räumliche Orientierung sind identifizierbare Fixpunkte nötig, was gerade in ausseralpinen Hochgebirgsregionen sehr häufig problematisch ist. Die maximalen Lagefehler innerhalb eines Bildpaares liegen im Bereich von <1 m und sind für einen Kartiermassstab von 1:10000 für landschaftsökologische Interpretationen völlig ausreichend.

Als Beispiel sind in Abb. 3 Ausschnitte aus Aufnahmen der Jahre 1959 und 1992 für das Gebiet von Sikandarabad (westlichstes Hunzatal) wiedergegeben. Erkennbar sind zum einen die Verlegung des natürlichen Verlaufs des Hunzaflusses und die fortschreitende Erosion des Prallhanges (nicht zuletzt auch durch das Überschusswasser aus den bewässerten Feldern, die die Terrassenkante radial zerschneiden), vor allem aber die Ausweitung der Agrarfläche, bzw. die erneute Nutzung eines durch Murgänge vor 1959 teilweise zerstörten Teils der Flur. An den Hängen sind neue Bewässerungsanlagen angelegt worden. Die Auslagerung der Häuser im Zuge der Individualisierung der Gesellschaft ist in den Originalphotos unübersehbar, ebenso die Zunahme der Baumpflanzungen. Die photogrammetrische Auswertung der beiden Aufnahmen ist umgesetzt in Abb. 4, die die zeitliche Veränderung einer groben Nutzungsklassifikation erfasst. Weiterführende statistische Analysen im GIS basieren auf differenzierteren Nutzungskategorien. Sie werden ergänzt durch lokal erhobene Ertragswerte und dienen der Abschätzung des agroökologischen Produktionspotentials und seiner Veränderungen.

4.2. Modellierung der potentiellen Vegetationsverteilung

Von der direkten Bildanalyse weicht der nachfolgend skizzierte Ansatz der Rekonstruktion von Verbreitungsarealen ausgewählter Vegetationsformationen – in diesem Falle feucht-temperierter Nadelwälder – ab. Im Rahmen von CAK nutzte BRAUN (1996) die Möglichkeiten der GIS-Verknüpfung von topographischen, klimatologischen und vegetationskundlichen Daten unter Verwendung eines statistischen Modells. Dem Ansatz liegt die Hypothese zugrunde, dass bei gleichen topographischen, bodenbezogenen und klimatischen Voraussetzungen potentiell gleiche oder vergleichbare Vegetationsformationen auftreten müssten. Von ähnlichen Überlegungen sind bereits HORMANN (1980) für ein Untersuchungsgebiet in Nepal und WINIGER, MENZ (1993) für Kenia ausgegangen. Abgesehen von der Schwierigkeit, Datensätze in vergleichbarer Qualität einbeziehen zu können, vernachlässigt die vertretene Hypothese vorerst wichtige vegetationskundliche Aspekte, wie Fragen der Standortkonkurrenz oder der Sukzession von Pflanzengesellschaften. Andererseits konnte die für Testgebiete im Karakorum postulierten Waldverteilungen mit Hilfe älterer photographischer Aufnahmen teilweise verifiziert und bestätigt werden.

Das digitale Höhenmodell konnte auf der Basis der Kurvenpläne der im Rahmen der deutsch-österreichischen Karakorum-Expedition 1956 vorbereiteten Hunza-Karte (PAFFEN, SCHNEIDER, PILLEWIZER, 1956) aufbereitet werden[3]. Die ebenfalls flächendeckenden klimatischen Informationen basieren auf der Berechnung von thermischen und hygrischen Höhengradienten (aus WEIERS, 1995 und CRAMER, 1994) und einem Modell der potentiellen Einstrahlung (SCHMIDT, 1993). Die Vege-

3 Die Höhenlinien wurden von Dipl. Geogr. U. SCHMIDT digitalisiert, der auch an der Berechnung des Höhenmodells beteiligt war.

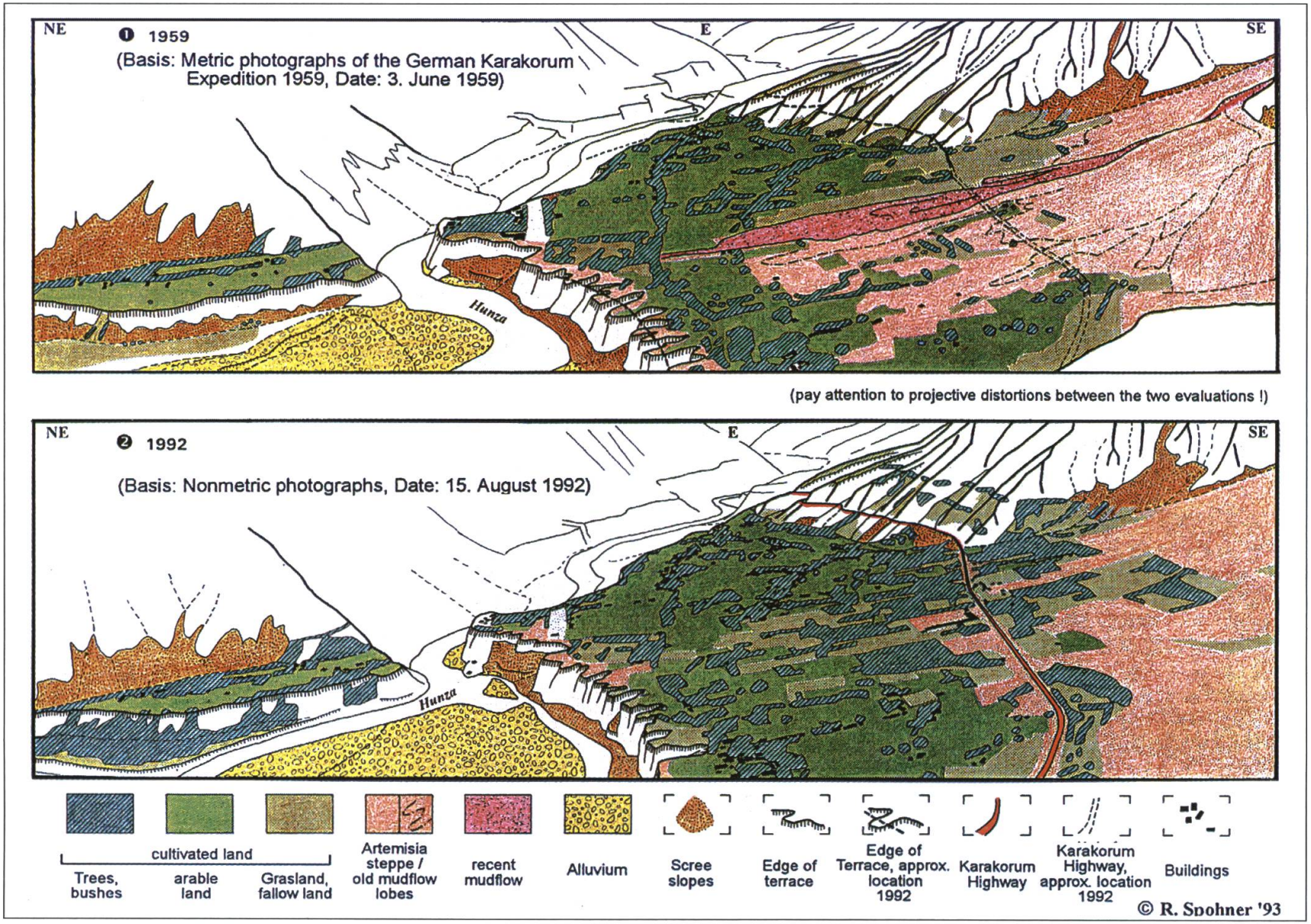


Abb. 3: Landschafts- und Landnutzungswandel im unteren Hunza-Tal (Sikandarabad) 1959–1992: Umzeichnung terrestrischer Messbilder (1959) und nicht-metrischer Aufnahmen (1992). (SPOHNER, 1993:(II):18)

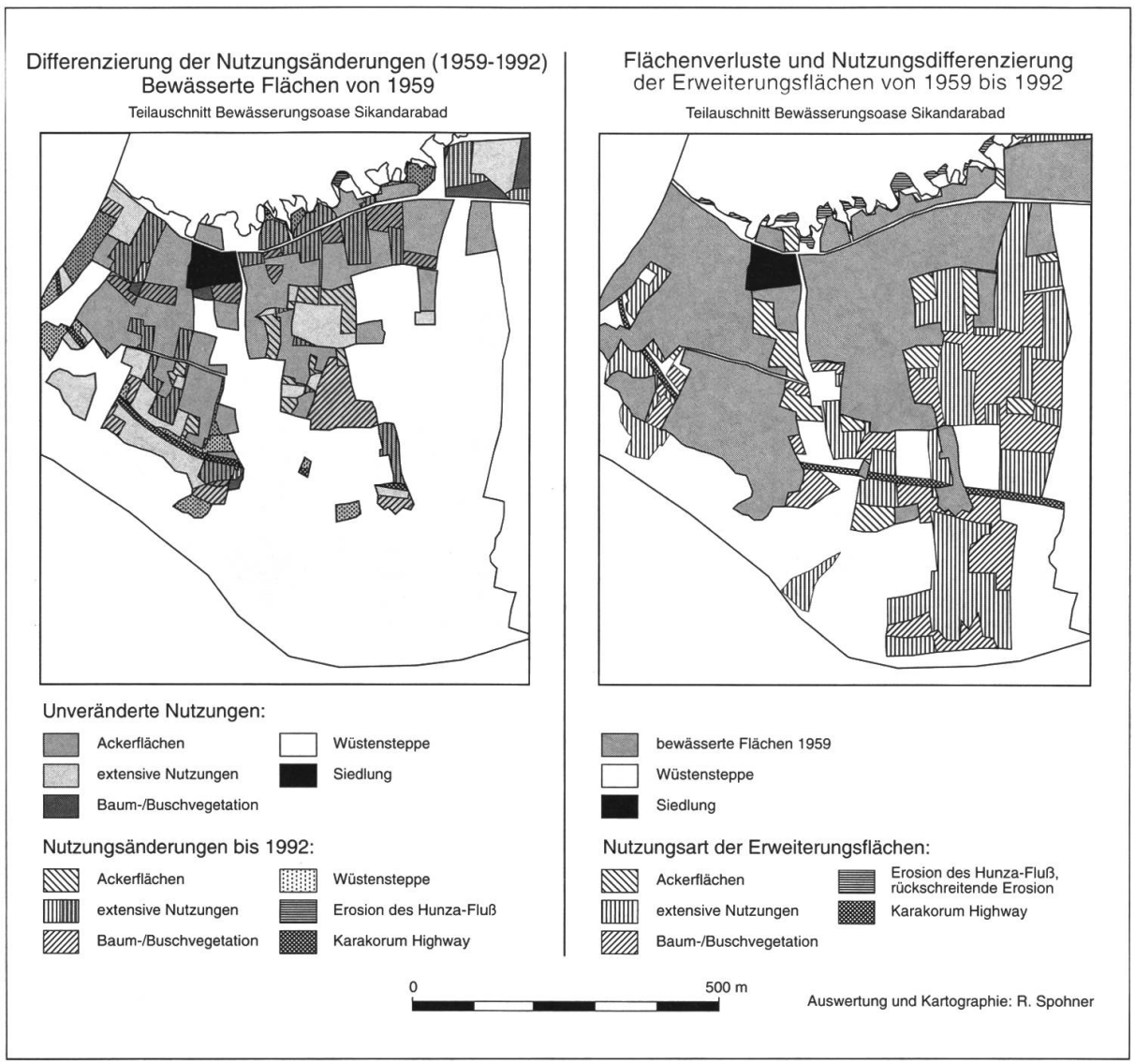
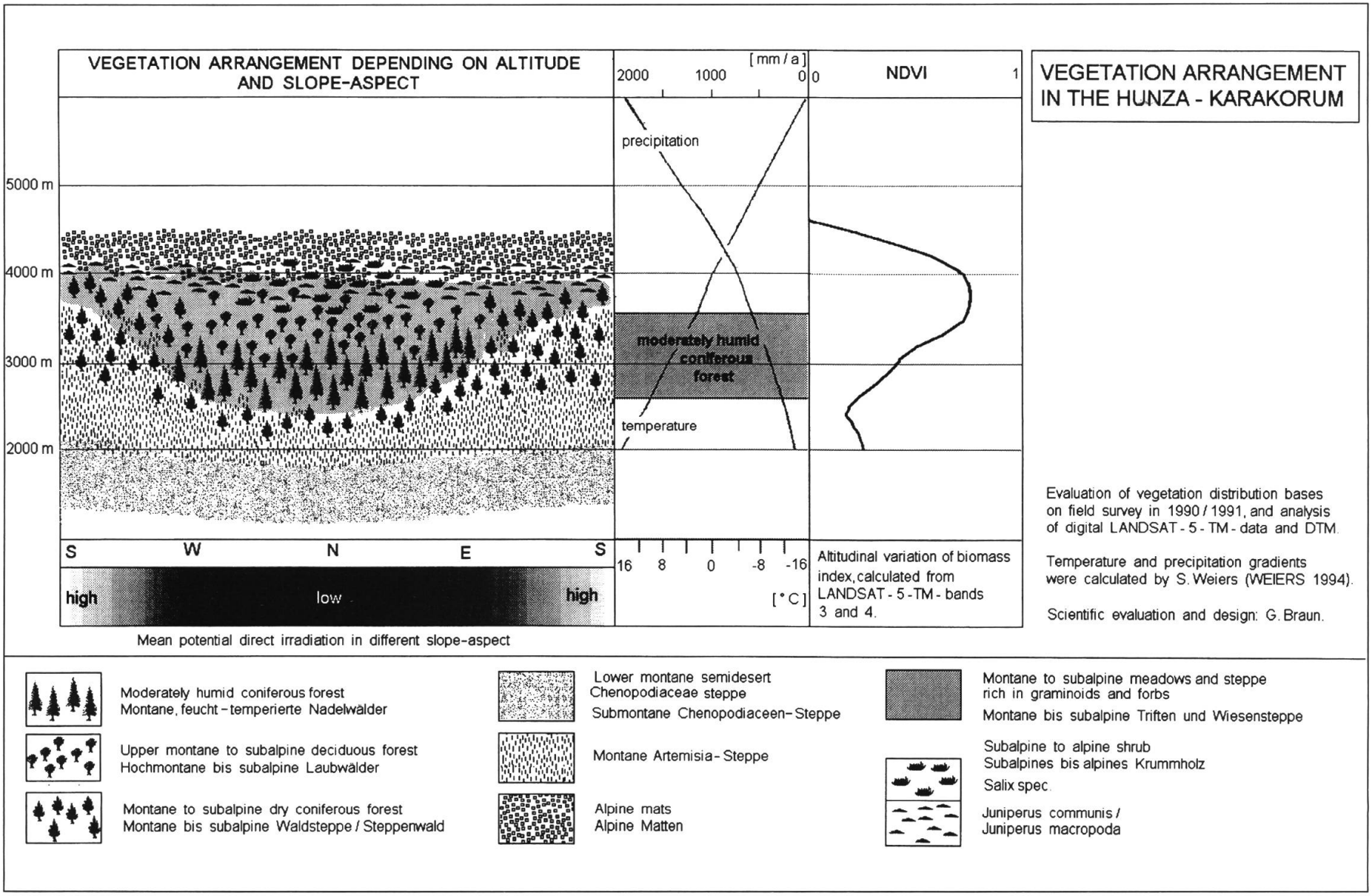


Abb. 4: Veränderungen der Flächennutzungen in Sikandarabad 1959/1992. Die terrestrischen Expeditionsphotos wurden photogrammetrisch ausgewertet. Links: 1959 vorhandene Bewässerungsflächen und deren Nutzungsänderung bis 1992 (schraffiert). Rechts: zwischen 1959 und 1992 erfolgte Erweiterung der Kulturflächen mit Nutzungsart (schraffiert). (SPOHNER, 1993:91)

tationsformationen wurden mit Hilfe einer überwachten Klassifikation digitaler LANDSAT-TM-Daten bestimmt. Die vegetationskundliche Aufnahme der Trainingsgebiete, wie auch die Überprüfung der Kartierungsergebnisse erfolgte im Gelände. Die statistische Analyse der Zuweisungsgenauigkeit der Bodenbedeckungskategorien ergab für die weiter zu untersuchenden feucht-temperierten Nadelwälder den Wert von 86% (Vergleichswerte: Bewässerungsgebiete 100%; Birkengehölze 83%; Artemisiensteppe 91%; alpine Matten 82%; Weiden- und Wacholdergebüsch 54%). In Diagrammen werden die topographisch-klimatisch-ökologischen Beziehungen regional differenziert zusammengestellt (Abb. 5). Mit Hilfe von Wahrscheinlichkeitsfunktionen lassen sich, ausgehend von gegebenen topographischen und kli-


VEGETATION ARRANGEMENT DEPENDING ON ALTITUDE AND SLOPE-ASPECT
[mm / a]
2000
1000
0
NDVI
0
1
VEGETATION ARRANGEMENT IN THE HUNZA - KARAKORUM
precipitation
5000 m
4000 m
3000 m
2000 m
moderately humid coniferous forest
temperature
S
W
N
E
S
high
low
high
16
8
0
-8
-16
[°C]
Altitudinal variation of biomass index, calculated from LANDSAT - 5 - TM - bands 3 and 4.
Evaluation of vegetation distribution bases on field survey in 1990 / 1991, and analysis of digital LANDSAT - 5 - TM - data and DTM.
Temperature and precipitation gradients were calculated by S. Weiers (WEIERS 1994).
Scientific evaluation and design: G. Braun.
Mean potential direct irradiation in different slope-aspect
Moderately humid coniferous forest
Montane, feucht - temperierte Nadelwälder
Upper montane to subalpine deciduous forest
Hochmontane bis subalpine Laubwälder
Montane to subalpine dry coniferous forest
Montane bis subalpine Waldsteppe / Steppenwald
Lower montane semidesert
Chenopodiaceae steppe
Submontane Chenopodiaceen-Steppe
Montane Artemisia - Steppe
Alpine mats
Alpine Matten
Montane to subalpine meadows and steppe rich in graminoids and forbs
Montane bis subalpine Triften und Wiesensteppe
Subalpine to alpine shrub
Subalpines bis alpines Krummholz
Salix spec.
Juniperus communis /
Juniperus macropoda

matischen Verhältnissen, räumliche Vegetationsverteilungen ableiten, die als potentielle Verbreitungsmuster interpretierbar sind. Auch wenn der Nachweis der Richtigkeit dieser Vegetationskarten aus einsichtigen Gründen in vielen Fällen nicht erbracht werden kann, führen sie doch zu wichtigen, weiterführenden Hypothesen bei der Rekonstruktion von Landschaftsveränderungen.

4.3. Die Waldfrage

Die Frage der Entwaldung steht, wie einleitend hervorgehoben, bei vielen Untersuchungen zur Degradierung von Hochgebirgslandschaften im Zentrum. Wälder bestimmen den visuellen Aspekt der Landschaft wesentlich ausgeprägter als andere Bedeckungen. Waldflächenveränderungen können aus dem Photovergleich abgeleitet werden, die ebenso wichtigen Bestandesveränderungen lassen sich allerdings mit hinreichender Genauigkeit nur im Gelände bestimmen. Die in der Forstwirtschaft seit langem angewandte Strukturanalyse ist mit Erfolg auch im Kontext der Landschaftsdegradierung praktiziert worden. Für die Wälder Nepals im Höhenbereich zwischen 2700–3700 m legte SCHMIDT-VOGT (1990) eine grundlegende Studie vor, die nicht nur die Degradierung des Waldes erfasst, sondern auch den verursachenden anthropogenen Einfluss differenziert analysiert. Im erweiterten CAK-Projektgebiet von West-Himalaya, West-Karakorum und östlichem Hindukusch bearbeitet SCHICKHOFF (1995) eine in mehreren Aspekten vergleichbare Fragestellung.

Der Bau befahrbarer Strassen erfasst, ausgehend vom KKH, immer abgelegenere Gebirgsteile und öffnet diese dem rationellen Abtransport des begehrten Stammholzes ins Tiefland. In SCHICKHOFFs Untersuchungen wird – vor dem Hintergrund dieser intensiv vorangetriebenen Erschliessung des Hochgebirgsraumes – der Frage nach Verbreitung, Ökologie und Zustand der Höhenwälder auf 62 repräsentativ ausgesuchten Testflächen in 36 Tälern nachgegangen. Auf den Testflächen wurden neben pflanzensoziologischen Erhebungen auch eine Reihe forstwirtschaftlich wichtiger Parameter nach standardisierten Vorschriften bestimmt, von denen für unsere Fragestellung die Zusammensetzung und Alterstruktur der Wälder, vor allem aber der Anteil an Baumstöcken und das Ausmass der feststellbaren Naturverjüngung entscheidend sind.

SCHICKHOFFs Analysen runden das bereits aus Photovergleichen und der Berechnung der potentiellen Waldverbreitung gewonnene Bild ab: Fast alle Hochwälder in gut erschlossenen Tälern weisen teilweise gravierende Degradierungen auf, die um so schwerer wiegen, als eine natürliche Verjüngung nur vereinzelt erkennbar ist. Dabei ist der Zusammenhang zwischen Entwaldung und Erschliessungsgrad offensichtlich, was auch Abb. 6 deutlich belegt. Die Unterschiede erklären sich zum einen aus den regional variierenden Kontroll- und Entscheidungsmechanismen, aber ebenso aus dem unterschiedlichen Erschliessungszeitpunkt der einzelnen Talschaften.

◁ *Abb. 5: Verbreitung der Vegetationsformationen im Hunza-Tal in Abhängigkeit von Höhenlage und Exposition des Standortes (Abgeleitet aus LANDSAT-TM und DGM). Eingezeichnet sind zusätzlich die mittleren klimatischen Bedingungen (vertikaler Niederschlags- und Temperaturverlauf, potentielle Einstrahlung) und der NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) als Indikator für die stehende Biomasse. (BRAUN, 1996; Abb. 26)*

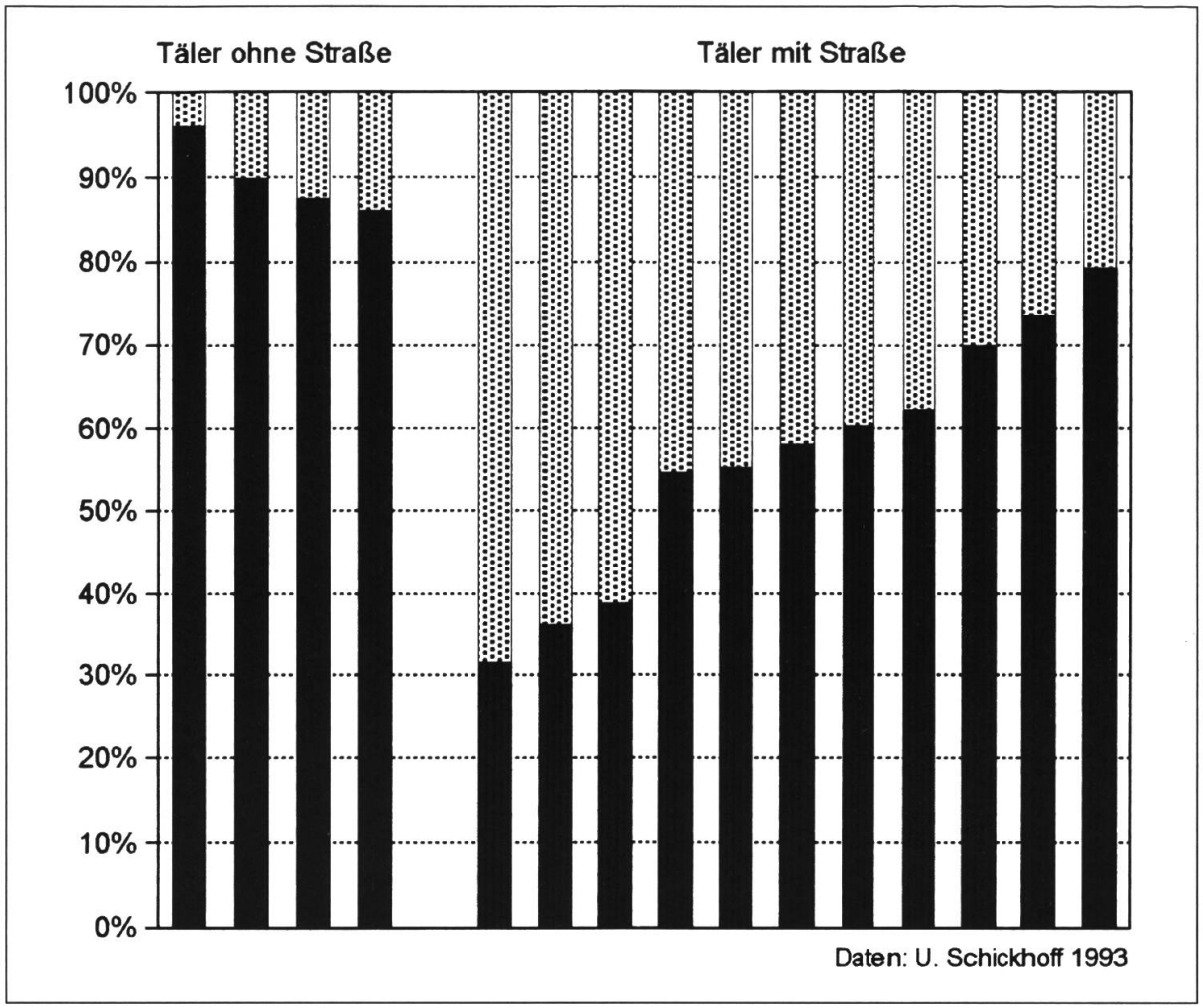


Abb. 6: Entwaldung im Karakorum: Verhältnis der stehenden (schwarz) zu gefällten Bäumen (punktiert) auf Testflächen in ausgewählten Tälern ohne Zufahrtsstrasse (Säulen links) und Tälern mit Anbindung an den Karakorum Highway (Säulen rechts). Der Zusammenhang zwischen Erschliessungsgrad und Ausmass der Abholzung ist deutlich erkennbar. (SCHICKHOFF, 1995, verändert)

5. Fazit

Veränderungen der Hochgebirgslandschaft sind infolge der sehr eingeschränkten und oft auch inhomogenen Datenlage nur bedingt nachvollziehbar. Trotzdem lässt sich die rezente Dynamik ausgewählter Landschaftselemente oder -indikatoren mit Hilfe vergleichsweise einfacher Verfahren schlüssig analysieren. Photovergleiche, der Einbezug von Fernerkundungsdaten und Geographischer Informationssysteme, ebenso wie forstwirtschaftliche Standarderhebungen sind die Basis für vergleichende Untersuchungen in Hochgebirgsräumen. Sie könnten und sollten durch ein systematisches und vergleichendes Monitoring-Programm, verbunden mit Forschungen zum Verständnis der die Veränderungen auslösenden Prozesse, auf die Hochgebirge der Welt angewendet werden.

Literatur

BRAUN, G., 1996: Vegetationsgeographische Untersuchungen im NW-Karakorum (Pakistan). Kartierung der aktuellen Vegetation und Rekonstruktion der potentiellen Waldverbreitung auf der Basis von Satellitendaten, Gelände- und Einstrahlungsmodellen. Bonner Geogr. Abh. H. 93, Bonn.

CLEMENS, J., NÜSSER, M., 1994: Mobile Tierhaltung und Naturraumausstattung im Rupal-Tal des Nanga Parbat (Nordwesthimalaja): Almwirtschaft und sozioökonomischer Wandel. Petermanns Geogr. Mitt., 138: 371–387.

CRAMER, T., 1994: Klimaökologische Studien im Bagrot-Tal, Karakorum (Pakistan). Diss. Univ. Bonn (Druck in Vorbereitung).

EWALD, K., 1987: Der Landschaftswandel. Zur Veränderung schweizerischer Kulturlandschaften im 20. Jahrhundert. Birmensdorf.

FINSTERWALDER, R., RAECHL, W., MISCH, P., BECHTOLD, F., 1935: Forschung am Nanga Parbat. Deutsche Himalaja-Expedition 1934. Helwing, Hannover.

FLOHN, H., 1969: Zum Klima und Wasserhaushalt des Hindukusch und seiner benachbarten Hochgebirge. Erdkunde, 23: 205–215.

HAYDEN, H.H., 1907: Notes on Certain Glaciers in North-West Kashmir. Rec. Geol. Surv. o.India, Vol. 35, Part 3: 127–137.

HORMANN, K., 1980: Versuche der Bestimmung klimatischer Grenzen der Vegetationstypen in Nepal. Arb. Geogr. Inst. d. Univ. d. Saarlandes, 29: 191–211.

IVES, J.D., MESSERLI, B., 1989: The Himalayan Dilemma. Routledge, London.

KICK, W., 1993: Adolph Schlagintweits Karakorum-Forschungsreise 1856. Forsch.ber. DAV, Bd. 6, Deutscher Alpenverein, München.

KICK, W., 1994: Gletscherforschung am Nanga Parbat 1856–1990. Wiss. Alpenvereinshefte, H. 30, Deutscher Alpenverein, München.

LESER, H., 1991: Landschaftsökologie. UTB Bd. 521, 2. Aufl., Ulmer, Stuttgart.

MESSERLI, B., MESSERLI, P., 1978: Wirtschaftliche Entwicklung und ökologische Belastbarkeit im Berggebiet (MAB Schweiz). Geogr. Helv. 33: 203–210.

PAFFEN, K.H., PILLEWIZER, W., SCHNEIDER, H.-J., 1956: Forschungen im Hunza-Karakorum. Erdkunde 10: 1–33.

PFISTER, C., HOLZHAUSER, H., ZUMBÜHL, H.J., 1994: Neue Ergebnisse zur Vorstossdynamik der Grindelwaldgletscher vom 14. bis zum 16. Jahrhundert. Mitt. Natf. Ges. Bern NF 51:55–79.

REIMERS, F., 1992: Untersuchungen zur Variabilität der Niederschläge in den Hochgebirgen Nordpakistans und angrenzender Gebiete. Beitr. und Materialien zur Regionalen Geographie, H.6, Inst. f. Geogr., TU Berlin.

SCHICKHOFF, U., 1995: Verbreitung, Nutzung und Zerstörung der Höhenwälder im Karakorum und in angrenzenden Hochgebirgsräumen Nordpakistans. Petermanns Geogr. Mitt., 139: 67–85.

SCHMIDT, U., 1993: Berechnung der direkten Strahlung auf der Basis eines digitalen Höhenmodells des Hunza-Karakorum (Pakistan). Dipl.arbeit, Geogr. Inst., Univ. Bonn. Manuskript.

SCHMIDT-VOGT, D., 1990: High Altitude Forests in the Jugal Himal (Eastern Central Nepal). Forest Types and Human Impact. Geoecological Research, Vol. 6. Steiner, Stuttgart.

SCHWEINFURTH, U., 1957: Die horizontale und vertikale Verbreitung der Vegetation im Himalaja. Bonner Geogr. Abh., H. 20.

SPOHNER, R., 1993: Auswertung terrestrischer Photographien zur Quantifizierung von Landschaftsveränderungen. Exemplarische Auswertung im Hunza-Tal (Karakorum) 1959–1992. Diplomarbeit, Geogr. Inst., Univ. Bonn. Manuskript.

TROLL, C., 1939: Das Pflanzenkleid des Nanga Parbat. Begleitwort zur Vegetationskarte der Nanga Parbat-Gruppe 1:50000. Wiss. Veröff. d. Deutschen Museums für Länderkunde zu Leipzig, N.F. 7: 149–193.

WEIERS, S., 1995: Zur Klimatologie des NW-Karakorum und angrenzender Gebiete. Statistische Analysen unter Einbeziehung von Wettersatellitenbildern und eines Geographischen Informationssystems (GIS). Bonner Geogr. Abh. H. 92, Bonn.

WINIGER, M., MENZ, G., 1993: Klima und Vegetation in Kenia – Erfassung von Ressourcen mit Hilfe von digitaler Bildverarbeitung und geographischen Informationssystemen. Trierer Geogr. Studien, H. 9: 333–352.

ZUMBÜHL, H.J., 1980: Die Schwankungen der Grindelwaldgletscher in den historischen Bild- und Schriftquellen des 12. bis 19. Jahrhunderts. Ein Beitrag zur Gletschergeschichte und Erforschung des Alpenraumes. Denkschr. d. Schweiz. Natf. Ges. Bd. XCII. Birkhäuser. Basel.

Persönlich

Geographie und Bruno Messerli waren für mich vorerst gleichbedeutend: der Entscheid zur Geographie, gleichzeitig die Absage an eine andere Studienrichtung als Folge mitreissender Vorlesungen und Exkursionen des Lektors und Privatdozenten Messerli. Dann das Glück, die erste Hilfsassistenten-, später Assistentenstelle des Professors Messerli besetzen zu dürfen. Über Jahre hinweg die schöne Zusammenarbeit in einem rasch wachsenden, motivierten Mitarbeiterstab – ausgestattet mit enormen Freiräumen, einbezogen in ein dicht gewobenes Netz fachübergreifender Zusammenarbeit weit über die Landesgrenzen hinaus. Der Gewinn kritischer Diskussionen. Unvergessliche Aufenthalte mit B.M. in afrikanischen Gebirgen, von unseren benachbarten Dörfern auf dem Längenberg das gleiche Alpenpanorama als stete Anregung. 1988 mein Wegzug aus dem familiär-behüteten Bern in ein deutlich rauheres, anonymeres, aber nicht minder anregendes Universitätsumfeld auf den Bonner Lehrstuhl. Dabei die gute Erfahrung, auf eine Verbundenheit mit B.M. bauen zu dürfen, die räumlich und zeitlich (also gut geographisch!) zwar etwas lockerer, aber nicht weniger herzlich geworden ist!

Matthias Winiger, geb. 1943. Studium von Geographie, Physik und Botanik in Bern. Promotion und Habilitation über klimatologische und ökologische Problemstellungen unter Einsatz der Fernerkundung. Feldarbeiten in Afrika und asiatischen Hochgebirgen. Seit 1988 Professor am Geographischen Institut der Universität Bonn.