

## VEGETATIONSKUNDLICHE UND PALYNOLOGISCHE BEFUNDE AUS DEM MUKTINATH-TAL (TIBETISCHER HIMALAYA, NEPAL)

Ein Beitrag zur Landschaftsgeschichte altweltlicher Hochgebirgshalbwüsten

Mit 3 Photos, 2 Abbildungen und 1 Tabelle

GEORG MIEHE, SABINE MIEHE und FRANK SCHLÜTZ

*Summary:* Vegetation and pollen records from the Muktinath Valley (Tibetan Himalaya, Nepal): a contribution to the environmental history of the Old World's mountain semi-deserts

Sub-desertic thorny dwarf-shrublands characterise the arid high mountains between the Atlas and southern Tibet. In the Muktinath valley and within the entire Mustang district of N Nepal, they are represented by *Caragana gerardiana*-“Igelheiden” (“porcupine heath”). The question to which extent these sub-desertic shrublands are natural, is discussed in 3 approaches: (1) by comparative records and observations of the present vegetation along altitudinal and humidity gradients, (2) by interpretation of a pollen diagram from Jharkot, (3) by consideration of archaeological findings.

Probably the lower part of the pollen profile documents the development of the Holocene primary forests until the formation of *Pinus wallichiana* forests in the surroundings of Jharkot during the middle-holocene climatic optimum. With good reliability, the clearing of the pine forests and the onset of pastoral land use around 5400 BP is proven (some 1,900 years prior to the earliest archaeological datings). With a certain probability, barley cultivation started at latest around 4500 BP. Since this initial occupation, at least the slopes below Jharkot remained devoid of forests. Pollen of the *Caragana* type first appears around 3200 BP. It is well imaginable that the *Caragana* thorn shrubs were introduced by the livestock accompanying new settlers, whose presence is also archaeologically documented in this period.

From relict trees and indicative herbaceous species in the present vegetation it can be concluded that not only the relatively humid Muktinath valley, but the entire southern Mustang area could still support trees, at least open Cupressaceae stands. Consequently, the *Caragana* thorn formations represent a secondary vegetation up to the drought limit of tree growth (250 mm annual precipitation at most). In N Mustang, however, *Caragana gerardiana* grows beyond the drought limit of *Juniperus indica* in the dry valley ground, proving its nature of a semi-desert species. Its spreading into the forest belt has been favoured by human activities (woodcutting and livestock grazing) for at least 3,200 years.

*Zusammenfassung:* Die zwischen Atlas und Südtibet für Hochgebirgshalbwüsten des altweltlichen Trockengürtels typischen Dornpolster-Formationen sind im Muktinath-Tal und im gesamten Mustang-Distrikt in Zentral-Nord-Nepal durch *Caragana gerardiana*-Igelheiden vertreten. Die Frage, inwieweit diese Halbwüsten-Formation natürlich ist, wird in drei verschiedenen Ansätzen diskutiert: (1) durch vergleichende Aufnahmen und Beobachtungen der aktuellen Vegetation entlang von Höhen- und Feuchtegradienten, (2) durch Interpretation eines Pollendiagramms aus Jharkot, (3) durch Einbezug von archäologischen Forschungsergebnissen.

Die Basis des Pollenprofils dokumentiert vermutlich die holozäne Waldentwicklung bis zur Bildung von Kiefernwäldern in der Nähe von Jharkot im mittelholozänen Klimaoptimum. Mit großer Wahrscheinlichkeit ist eine Rodung der Kiefernwälder und der Beginn der Weidewirtschaft um etwa 5400 BP nachgewiesen (fast 1.900 Jahre früher als die ältesten Datierungen archäologischer Zeugnisse), mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit ab spätestens 4500 BP der Getreideanbau. Seitdem sind zumindest die Hänge unterhalb von Jharkot waldfrei. Der *Caragana*-Pollentyp erscheint im Pollendiagramm erstmals um ca. 3200 BP.

In der aktuellen Vegetation lassen Baumrelikte und Zeigerarten der Krautschicht darauf schließen, dass im gegenwärtigen Klima nicht nur das relativ feuchte Muktinath-Tal, sondern das gesamte südliche Mustang zumindest Cupressaceen-Offenwälder tragen könnte, dass also die *Caragana*-Igelheiden bis zur Trockengrenze der Bäume bei höchstens 250 mm Jahresniederschlag eine anthropo-zoogene Ersatzgesellschaft darstellen. In Nord-Mustang kommt *Caragana gerardiana* über die Trockengrenze von *Juniperus indica* hinaus in der trockenen Talstufe vor und erweist sich damit als eine Halbwüsten-Art, deren Ausbreitung seit mindestens 3.200 Jahren durch den Menschen gefördert wurde.

### Problemstellung

Das Untersuchungsgebiet liegt im Tibetischen Himalaya, d. h. im Regenschatten des Himalaya Hauptkammes, und gehört zum altweltlichen Trockengürtel, dessen holozäne Austrocknung aus der Sahara (PACHUR

1998), den zentralasiatischen Wüsten (WÜNNEMANN et al. 1998) und Westtibet (GASSE et al. 1996) bekannt ist. Klimabedingt abnehmende Tragfähigkeit und steigender Nutzungsdruck haben sich hierbei überlagert und die zonale natürliche Vegetation tiefgreifender als in jedem anderen Landschaftsgürtel verändert.

Die altweltlichen Hochgebirge im Trockengürtel zwischen Atlas und Tibet sind Hochgebirgshalbwüsten mit diffuser offener Dornpolstervegetation. Sie gelten als die natürliche Vegetation sommertrockener, winterkalter, strahlungsreicher subtropischer Gebirgsklimate, obwohl die seit der neolithischen Revolution zunehmend verwüstende Wirkung des selektiven Weidegangs von Schaf- und Ziegenherden bekannt ist. Diese Dornpolster-Formationen hat GAMS (1956) als „Igelheiden“ beschrieben. Die Natürlichkeit der Igelheiden ist weder für das armenisch-iranische Hochland (LOUIS 1939; BOBEK 1951; s. auch Disk. Beitrag TROLL in RATHJENS 1974, 219) noch für das afghanische Bergland (FREITAG 1971) oder die Hochgebirgshalbwüste des Tibetischen Himalaya (MIEHE 1982) bezweifelt worden. Lediglich für die Wälder der Iberischen Halbinsel hat ERN (1974) herausgestellt, dass Igelheiden Ersatzgesellschaften sind.

Die Frage nach der Waldfähigkeit heute baumloser Kulturlandschaften in Hochgebirgshalbwüsten steht im Mittelpunkt von Untersuchungen der Erstautoren zur menschbeeinflussten Umweltgeschichte in Hochasien (S. MIEHE et al. 2000). Der vorliegende Beitrag entstand aus der Auswertung einer gemeinsamen Exkursion in den nördlichen Nepal-Himalaya im Jahre 1995; er ergänzt Untersuchungen der Erstautoren aus den Jahren 1976, 1977, 1986, 1999 und 2001.

#### *Lage des Untersuchungsgebietes*

Die Profillokalität „Jharkot“ liegt in einem mutmaßlich nach Glimmerschieferfließungen oder Schollenrutschungen (KUHLE 1982; FORT 2000; BAADE u. MÄUSBACHER 2000) entstandenen Niedermoor nahe der Oase Jharkot im Muktinath-Tal in 3.500 m. Das nach dem hinduistisch-buddhistischen Heiligtum Muktinath benannte Tal liegt in Nord-Zentral Nepal, ca. 20 km nördlich der Annapurna I im Regenschatten des Hohen Himalaya (28°48' bis 28°52' N und 83°48' bis 83°50' E). Es ist ein orographisch linkes Seitental des Kali Gandaki und gehört zum Thak Khola-Graben (HAGEN 1968/69), dem tiefsten Himalaya-Quertal. Der zentrale Bach des Jhong Khola mündet in 2.850 m ins Haupttal, die Wasserscheide nach Osten bilden über 6.000 m hohe vergletscherte Gipfel; über den 5.450 m hohen Thorong La (Pass) führt ein wichtiger West-Ost-Gebirgsweg. Nach Süden und Norden ist das Tal durch 300–500 m höhere Rücken gegen tiefer eingeschnittene Täler abgeschirmt. Passwege führen nach Norden zu den Oasen des halbautonomen Königreiches Mustang und weiter über den nur 4.600 m hohen unvergletscherten Kora La ins Yarlung Zhangbo Tal zu den Weidegebieten und Salzseen Südtibets. Die

Passwege nach Süden erschließen die heute nächstgelegenen Kiefern-, Wacholder- und Birkenwälder. Das beckenartig weite, nach Westen geöffnete Zentrum des Tales mit der Probennahmelokalität liegt in 3.400 bis 3.700 m Meereshöhe; jede Ebene ist terrassiert und z. T. heute noch bewässert, die umgebenden flachen Hänge sind beweidet. Der Gletscherbach des Jhong Khola und seine Quellbäche haben die Moränen und Schotter des Tales tief zerschnitten.

#### *Klima, Witterung und Talwinde*

Die Klimagunst der dichtbevölkerten Bewässerungsoase des Muktinath-Tals resultiert aus der Lage im Regenschatten des Hohen Himalaya, der Abschirmung gegen stürmische Talwinde des Thak Khola-Quertals ohne größere Bergschattenwirkung sowie der Gletscherabfluss-Spende von Bächen aus der östlichen Gebirgsumrahmung. Der Jahresniederschlag beträgt um 400 mm und damit 10% des im Luv des Himalaya fallenden Sommerregens (s. Abb. 1). Die interannuellen Schwankungen sind groß, wobei die zyklonalen Schneeniederschläge im Winter stärker schwanken als die Sommerregen. Eine winterliche Schneedecke verdunstet meist am folgenden Tag. Stärkerer Schneefall drängt die Herden auf rasch ausapernde steilere Sonnhänge zusammen, während vor allem die Schatthänge für Wochen vor Winterweide geschützt bleiben. Die Auswirkungen des Bergschattens und generell die Einstrahlungs-Expositionsgegensätze auf die Vegetation sind aber gering, da wegen sanftwelliger Geländeformen und flacher Hangneigungen das gesamte Tal bequem nutzbare Triftweiden bietet, so dass Humaninfluenz klimaökologische Strukturen überlagert hat.

Die Witterung mit dem Tagesgang der Hangbewölkung ist meist an die Talwinde geknüpft. Das am späten Vormittag ausgebildete Wolkenband der Talwindhangbewölkung hüllt die Mattenstufe ein und sorgt dort für windverdrifteten Nebelniesel, während die Talmitte wolkenfrei bleibt und zusätzlich durch die Wolken-Rückstrahlung exorbitant hohe Einstrahlung erhält. Die nachmittags sturmartigen Talwinde des Haupttales werden durch die südliche Umrahmung des Muktinath-Tals abgeschirmt, trocken aber doch die talabwärts weisende südexponierte Flanke der nördlichen Umrahmung des Muktinath-Tals stärker aus, so dass die Vegetation dort wesentlich schütterer ist als in der leeseitigen nordexponierten Flanke der südlichen Umrahmung. Die Wirkungen des Talwindes, der höheren Einstrahlung und raschen Ausaperung nach Winterschneefällen (und damit stärkeren Beweidung) verstärken sich hier.

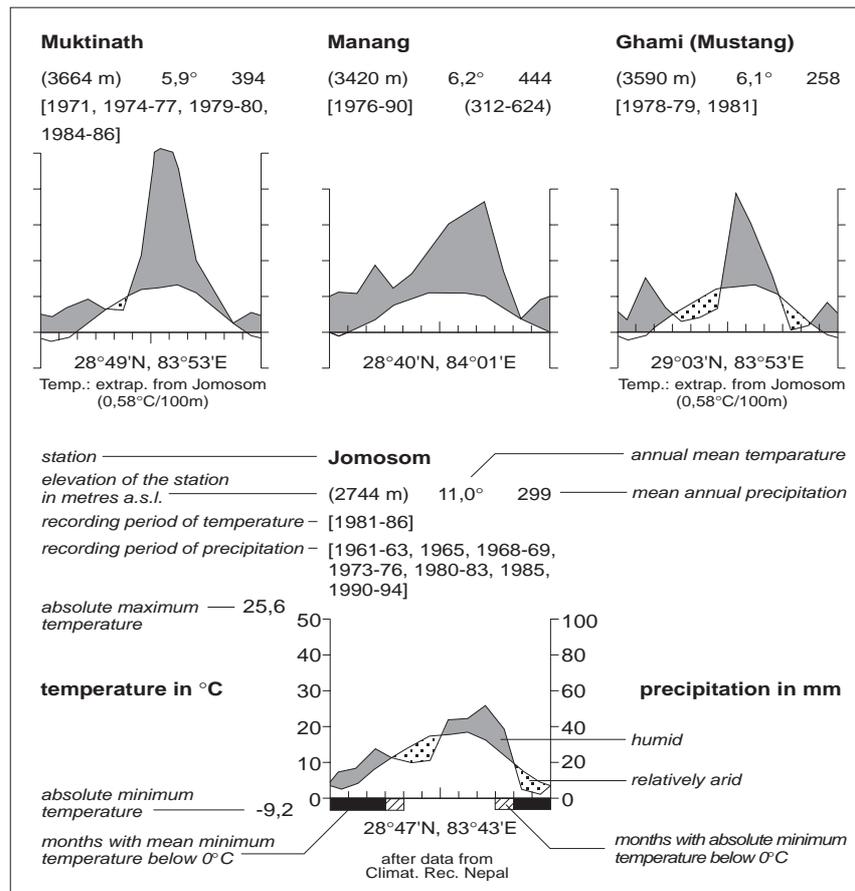


Abb. 1: Klimadiagramme aus der Trockenwald-Zone von Mustang und Manang. Die durchschnittlichen Niederschlags-summen beziehen sich auf ausgewählte Jahre mit zuverlässigen Messungen

Climatic diagrams from the dry coniferous forest zone of Mustang and Manang. The average precipitation totals refer to selected years with reliable records

#### Die aktuelle Vegetation des Muktinath-Tals

Für die Vegetation des Thak Khola und des Muktinath-Tals liegen zwei Vegetationskarten vor (1:250.000 DOBREMÉZ a. JEST 1971; 1:100.000 MIEHE 1982; MIEHE 1984, hier auch Lokalitäten). Die aktuelle Vegetation soll hier nur so weit abgehandelt werden, wie es zum Verständnis des Pollendiagramms notwendig ist. Da der Pollenniederschlag in hohem Maße vom Talwind abhängig ist, schließt die Vegetationsbeschreibung die talabwärts liegenden intramontanen Koniferenwälder ein.

Die nächstgelegenen strahlungsoffenen und talwindexponierten natürlichen Baumbestände liegen ca. 8 km talabwärts oberhalb Jomosom. Es sind durch Schneiteln und Holzschlag aufgerichtete *Cupressus torulosa*- und *Juniperus indica*-Offenwälder (MIEHE 1984, Photo 3).

Dichtere, auch kronenschließende Wälder aus Birken, Tannen, Fichten und Kiefern sind in ähnlicher Distanz zum Muktinath-Tal nur in talwindabgewandten Nordexpositionen steiler Flanken zu finden (a. a. O., Photo 2). Ca. 15 km talabwärts setzt auch im Talboden des Haupttales Koniferenwald ein. Diese Wälder bestehen an der aktuellen (unteren) Waldgrenze in 2.800 m aus *Cupressus torulosa* und gehen talabwärts mit zunehmenden Niederschlägen dann in Kiefernwälder (*Pinus wallichiana*) über. *Pinus wallichiana* besiedelt auch jüngere Flurwüstungen, aufgelassene Triftweiden und Waldbrandflächen. Die Vormacht von *Pinus wallichiana* ist mit Sicherheit auch menschbeeinflusst. *Cupressus torulosa* ist weiter talabwärts nur noch auf südexponierten steilen und talwindexponierten Graten zu finden.

Die der Pollenprofil-Lokalität nächstgelegenen talwindexponierten Bäume sind also *Pinus wallichiana*,

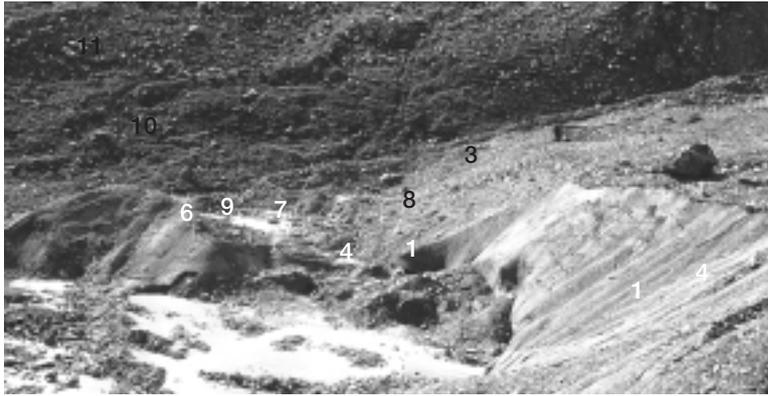


Photo 1: Muktinath-Tal, 3.600 m, gen WSW und WNW: Bewässerungsterrassen (1), bewässerte Baumpflanzungen (Pappeln: 2) und dorfnaher Triftweiden aus Igelheiden (3). In der Feldflur stehen isoliert *Juniperus indica* Bäume (4), z. T. an Bewässerungsgräben (5), die von Rosen- und Berberitzen-Sträuchern gesäumt sind. Die Probennahme-Lokalität (schwarzer Pfeil) liegt links oberhalb Jharkot (6).

Ausgrabungen Khyinga I–III: 7. Prähistorische Höhlen von Mebrak: 8. *Juniperus indica* auf NE-exponierter Klippe am Burgberg von Jharkot: 9. Passweg ins Panga Khola mit *Juniperus indica* Sträuchern: 10. Dhaulagiri I: 11. Schottersohle des Kali Gandaki: breiter Pfeil

Photo: G. MIEHE, November 1976

Muktinath valley, from 3,600 m towards WSW to WNW: terraced, irrigated fields (1), irrigated poplar plantations (2) and village grazing areas with thorn scrub (3). Isolated *Juniperus indica* trees (4), partly growing along irrigation channels (5), along which also roses and *Berberis* shrubs aligned. The location of the pollen profile is shown by the arrow; it is above Jharkot (6). Excavation site Khyinga (7), Mebrak caves (8), castle hill of Jharkot with *Juniperus indica* tree on NE-facing cliff (9), pass trail to Panga Khola with shrubby *Juniperus indica* (10), Dhaulagiri (11). The broad arrow points to the gravel bed of the Thak Khola.

*Juniperus indica* und *Cupressus torulosa*. An Bewässerungsgräben werden Pappeln und Weiden angepflanzt; seit den 70er Jahren sind Äpfel in bewässertem Anbau eingeführt worden. *Betula utilis* und *Abies spectabilis*, *Rhododendron arboreum* und *Rhododendron campanulatum* bilden zwar die Wälder an der oberen Waldgrenze, sind aber auf den talabwärts nächstgelegenen 30 km nur talwindabgewandt nordexponiert zu finden. Talabwärts dieser von *Pinus wallichiana* und Cupressaceen, in bescheidenem Umfang auch von *Picea smithiana* gebildeten Wälder setzen Baumarten ein, die auch in der monsunfeuchten Himalaya-Südabdachung waldbildend werden.

Die Lokalität des Pollenprofils ist ein Niedermoor, in dem Seggen (*Carex* spp., *Blysmus compressus*, *Eleocharis* spp., *Juncus* spp., *Cladium* sp.) dominieren. Am Rand wachsen in Hochasien weitverbreitete Salzzeiger (*Glaux maritima*, *Triglochin palustris*, *T. maritima*, *Potentilla anserina*, *Primula tibetica*, *Pedicularis longiflora* v. *tubiformis*).

Die nächstgelegene Umgebung des Niedermoeres ist Teil einer durch bewässerten Anbau von Getreide und Buchweizen sowie durch Viehhaltung mit Triftweide geprägten Kulturlandschaft. Unmittelbar westlich schließt sich die Bebauung von Jharkot an. Die Artenzusammensetzung und die Vegetationsstruktur sind

nutzungsabhängig. Um die Siedlung Jharkot dehnen sich extrem degradierte Triftweiden aus, in denen nur trittfeste Rosettenpflanzen und robuste giftige Arten überdauern. Bei den hier vorherrschenden Pflanzen handelt es sich um in Hochasien weit verbreitete Siedlungs- und Störungszeiger (*Potentilla bifurca*, *Malva pusilla*, *Erodium stephanianum*, *Microgynoecium tibeticum*, *Lancea tibetica*, *Mirabilis himalaica*, *Plantago* spp., *Elsholtzia* spp.). Verstreut, meist begünstigt durch Wasserzufuhr, finden sich auf überdüngten Lagerungsplätzen des Viehs Hochstaudenfluren von Lägerpflanzen (*Rumex nepalensis*, *Chenopodium album*, *Urtica dioica*, *U. hyperborea*, *Hyoscyamus niger*, *Scopolia stramineifolia*).

Die Bewässerungsterrassen werden durch Trockenmauern vor dem Vieh geschützt. Entlang der Mauern und meist durch Wasserzufuhr begünstigt wachsen bis meterhohe Umbelliferen, *Thalictrum* spp., *Verbascum* spp., *Salvia hians*, *Cannabis sativus*, *Artemisia* spp. und *Cirsium* spp. Angebaut werden Gerste und Weizen als Hauptfrucht, Buchweizen als Nachfrucht. Kartoffeln, Steckrüben und Senf nehmen kleinere Flächen ein.

An Bewässerungsgräben sind Sträucher aufgereiht (Photo 1:5). Das Dornreisig der dominanten *Rosa sericea* und *Berberis* spp. wird als Zaunersatz benutzt; weiterhin sind *Lonicera hypoleuca*, *L. myrtillos*, *Cotoneaster tibeticus*,

*Hippophae tibetana*, *Spiraea arcuata* und *Berchemia edgeworthii* und die Liane *Clematis tibetana* häufig.

Die weitaus größten Flächen des Muktinath-Tals werden von Igelheiden aus *Caragana gerardiana* eingenommen. An weiteren Dornsträuchern sind *Sophora moorcroftiana* und *Astragalus bicuspis* (vorzugsweise an trockensten Standorten auf Sand und Schotter) im unteren Muktinath-Tal vertreten. *Artemisia santolinifolia* ist häufig, vor allem auf den Flurwüstungen. An weniger windausgesetzten und durch dichte Blockstreu vor Beweidung geschützten Standorten sind auch *Berchemia edgeworthii*, *Abelia triflora*, *Viburnum cotinifolium*, *Cotoneaster microphyllus*, *Spiraea arcuata*, *Lonicera myrtillus*, *Leptodermis lanceolata* und *Aster albescens* zu finden. Gräser werden leicht übersehen. Sie wachsen entweder geschützt in den Dornsträuchern oder sind bis zum hangschuttbedeckten Boden abgefressen. Lediglich die giftige *Achnatherum inebrians* ist in weniger trockenen Windschattenlagen häufig. Die übrigen Kräuter spiegeln den Weidedruck wider, denn Weideunkräuter sind vorherrschend. Lamiaceen (*Dracocephalum heterophyllum*, *Thymus linearis*, *Isodon* spp.), Boraginaceen (*Lasiocaryum* spp., *Cynoglossum* spp., *Eritrichium* spp.), Compositen (*Heteropappus* sp., *Anaphalis* spp.), *Iris* spp., *Vincetoxicum hircundinaria*, *Arisaema flavum* und *Androsace* spp. sind häufig, oberhalb von Jharkot auch *Stellera chamaejasme*. Im Bereich der Talwindhangbewölkung der östlichen Gebirgsumrahmung des Muktinath-Tals schließt sich in ca. 4.000 m die Vegetationsdecke zur Mattenstufe zusammen. Polsterpflanzen, Gräser und Seggen werden häufiger, jedoch ist der Anteil von himalayisch-alpinen Weidezeigern immer noch sehr hoch.

#### *Vegetationskundliche und siedlungshistorische Hinweise zum Landschaftswandel*

Die Igelheiden des Muktinath-Tals vermitteln eindeutig den Eindruck einer Hochgebirgshalbwüste. Die Schlüsselfrage, ob Igelheiden natürlich oder eine Ersatzgesellschaft für Wald sind, lässt sich am ehesten beantworten, indem Hinweise auf Waldfähigkeit gesucht werden. Tabelle 1 zeigt Beispiele der Artenzusammensetzung von dem Muktinath-Tal nächstgelegenen Wäldern. Die Aufnahmen wurden von links nach rechts gemäß steigendem Ariditäts- oder Degradationsgrad angeordnet. Wenn man bedenkt, welch unterschiedliche Habitate erfasst wurden (zwischen 2.900 m, strahlungsoffen, windexponiert (H, I) und 4.000 m, waldgrenznah, N-exponiert (L)), ist der Artbestand erstaunlich ähnlich, jedenfalls bei dominanter Strauchschicht, d. h. sobald die Baumschicht nicht mehr geschlossen ist. Die feuchtesten, aber auch am wenigsten

gestörten Offenwälder (I) unterscheiden sich von den trockeneren Vegetationstypen v. a. durch die Dominanz dreier Gramineenarten in der Krautschicht, während den trockeneren und/oder degradierten Formationen die Sträucher *Rosa sericea*, *Potentilla fruticosa* und die Kräuter *Androsace strigillosa* und *Dendranthema nubigenum* gemeinsam sind. Für die Interpretation des Pollenprofils ist bedeutsam, dass trotz der unterschiedlichen Feuchteverhältnisse und Nutzungsintensitäten die dominanten Straucharten fast überall vorkommen: *Cotoneaster tibeticus*, *Juniperus indica*, *Artemisia santolinifolia* und besonders *Caragana gerardiana*, die dominante Art der Igelheiden. In der letzten Aufnahme (M) vom edaphisch und mikroklimatisch trockensten Standort fehlt der Wacholder, und der Artbestand weicht am stärksten von demjenigen der übrigen Aufnahmen ab. Nur hier kommen *Sophora moorcroftiana* (die zweite Igelheiden bildende Dornstrauchart), *Lonicera spinosa* und *Salsola nepalensis* vor, die als Ariditätszeiger gewertet werden könnten. Andererseits sind *Sophora moorcroftiana*, *Cotoneaster tibeticus* und *Lonicera spinosa* sowohl in Dolpo als auch in Südtibet durchaus mit Wacholderbäumen vergesellschaftet.

Unterschiede im Artenbestand können also sowohl klima- als auch menschenbedingt sein, und da menschliche Eingriffe eine ähnliche Verschiebung des Artenspektrums zur Folge haben wie klimatische Austrocknung, ist die Rekonstruktion der natürlichen Vegetation in diesem Raum besonders schwierig: Vereinfacht könnte man sich den Unterschied zwischen der Pflanzengesellschaft M (Igelheide, Photo 3) und H oder I (Offenwald in ähnlicher, trockener Lage) schon dadurch erklären, dass alle Bäume abgeholzt, alle nicht zu dornigen Sträucher verfeuert und alle weideempfindlichen Arten durch Überweidung ausgerottet wurden.

Die Frage, ob die heutigen halbwüstenartigen Igelheiden durch menschliche Eingriffe aus Wäldern hervorgegangen sind, ist freilich dann am leichtesten zu beantworten, wenn fruchtende und vitale Bäume an Normalstandorten nachgewiesen werden können. Folgende Waldzeugen sind im Muktinath-Tal erhalten:

- Noch 2001 waren oberhalb des Muktinath-Heiligtums auf schlecht zugänglichen, N- bis NW-exponierten Steilhängen drei Kolonien von Birkenbäumen erhalten. Sie sind wahrscheinlich die letzten Reste eines Waldbestandes, in dem vor ca. 80 Jahren noch gejagt wurde (Auskunft eines älteren Mannes in Jharkot 1986).

- 1999 wurde oberhalb Ranipauwa im Muktinath-Tal ein einzeln stehender *Juniperus indica* an einem Normalstandort gefunden. Der ca. 4 m hohe Baum fruchtete und hatte keine Trockenschäden. Andere Wacholderbäume sind unter religiösem Schutz bei Jharkot zu



Photo 2: Oberhalb Kagbeni, 3.100 m, gen NNW: Hochgebirgshalbwüste mit Igelheiden (Lokalität von Photo 3: schwarzer Punkt) und den nächstgelegenen Offenwaldrelikten (schwarzer Pfeil) aus *Cupressus torulosa* und *Juniperus indica*.  
Photo: G. MIEHE, September 1999

From above Kagbeni, 3,100 m, towards NNW: high mountain semi-desert landscape with thorn shrublands („Igelheiden“) and nearest relicts of open forests of *Cupressus torulosa* and *Juniperus indica* (arrow). The black dot indicates the location of photo 3.



Photo 3: Schotterterrassen des Thak Khola NW Kagbeni, 3.150 m gen NNE: Triftweidegeprägte windgeformte Igelheiden aus *Caragana gerardiana*.  
Photo: G. MIEHE, September 1977

Gravel terraces of the Thak Khola NW of Kagbeni, from 3,150 m towards NNE: thorn shrublands („Igelheiden“) of *Caragana gerardiana*, formed by wind and browsing

Tabelle 1: Artenbestand von intramontanen Koniferenwäldern und *Caragana Gerardiana-Igelheiden* an der aktuellen Trockengrenze des Waldes. Deckungsgrade nach der Braun-Blanquet-Skala

Quelle: MIEHE (1991), verändert

Species composition of dry coniferous forests and *Caragana Gerardiana* thorn scrub near the present drought limit of forests. Cover-abundance scale after Braun-Blanquet

	I										II			III			IV		V	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R		
Baumschicht 8-12 m	3			2	2	3	2	2	2	1	1									
Pinus wallichiana																				
Juniperus indica		+		2	2		1	1	2	1	1									
Cupressus torulosa									+	2	2									
Picea smithiana				2	2		2	2	+	+	+									
Strauchschicht 0,3-3 m	2	2	2		+	1	1	1	2	+	1	1								
Cotoneaster tibeticus																				
Caragana Gerardiana	2	2	2	1			1	1	2	1	1									
Artemisia santolinifolia	2	2	2	2	2	3	+	+	+	1	1									
Juniperus indica	+			1	1		+	+	2	2	2									
Aster albescens	2	2	2	1	1	+	1	1	1	1	+									
Cotoneaster microphyllus	1	1	2	2	+	+	1	+	1	+	+									
Juniperus communis*	+			3	+	2	+	+	+	+	+									
Abelia triflora	1		1	1			1	+	+	+	+									
Berberis asteriana	1	+	2	1	+		1	2	1	2	+									
Viburnum coccineum	2	+	+	+	+		+	+	+	+	+									
Pinus wallichiana	+					1	1	+	1	+	+									
Caragana brevispina				2	1	+	1	2	1	2	+									
Berberis tsartica	1	1	1	1	1	+	+	+	2	+	+									
Lonicera myrtillosa	1	2	1	+	2	2	+	+	2	+	+									
Rosa sericea							1	1	1	1	1									
Potentilla arbuscula								+	2	2	2									
Berberis edgeworthii							2		2	2	+									
Cotoneaster ludlowii							1		1	+	+									
Juniperus squamata									2	2	+									
Lonicera myrtilloides								+	+	+	+									
Clematis tibetana									1	1	1									
Berberis mucrifolia									1	1	1									
Lonicera hypoleuca									1	1	1									
Sophora moorcroftiana*																				
Lonicera spinosa																				

Rindenflechten: A-C: *Xanthoria elegans*,  
X. fallax, H: *Peltigera membranacea*.  
Det. J. Poelt, P. W. James

Sonstige: A: *Poa jaunsarensis* +, E: *Agrostis murrona* I, G: *Trigonella gracilis* +, *Cymbopogon distans* I, C. stracheyi I, *Poa angustifolia* I, H: *Rhododendron lepidotum* I, R. lowndesii, *Leptodermis lanceolata* +, *Malaxis muscifera* +, *Andropogon murroi* +, *Stipa sibirica* +, K: *Arnebia euchroma* I, *Verbascum thapsus* +, *Milula spicata* +, *Arisema jacquemontii* +, *Polygonatum cirrhifolium* +, L: *Lastocaryum densiflorum* +, *Heteropappus scimprostratus* +, *Ajuga reptans* +, *Dicranostigma lactucoides* +, *Dracocephalum heterophyllum* +.

\* *Juniperus communis* v. *saxatilis*

\* *Sophora moorcroftiana* v. *nepalensis*

\* *Anaphalis triplinervis* v. *intermedia*

\* *Androsace muscoidea* f. *longiscapa*

A: 3.280 m, N-exp., 38°, unter Kalkschroffen, soliflukdale Hangschuttbewegung. Keine Beweidung, wenig Holzschlag.  
B: 3.260 m, N-exp., 38°, flachgründiger Rücken, Kalk und Kalkschutt.

C: 3.260 m, N-exp., 38°, in flacher Rinne.

D: 3.190 m, N-exp., 25°, Mittelhang.

Hangschutt Moräne, leichter Talwind.

Selektiver Holzschlag (*Juniperus indica*), keine Beweidung.

E: 3.160 m, sonst wie D.

F: 3.080 m, N-exp., 20°, Unterhang,

an der Trockengrenze von *Pinus wallichiana*. Leichter Talwind, Moräne und Kalkschutt. Beweidet. Holzschlag.



finden (Photo 1:4). Einige stehen im Bewässerungsland (Wasserzufuhrlagen), jedoch wächst ein ca. 4 m hoher Baum im anstehenden Fels auf der Nordseite des Burgberges in 3.530 m (Photo 1:9).

– Entlang des Weges vom Muktinath-Heiligtum ins südlich gelegene Panga Khola wurden 1999 mindestens 12 *Juniperus indica* in 3.700 bis 3.900 m gefunden. Die Wacholder waren maximal kniehoch und geschnitten. Könnten sie ungenutzt durchwachsen, würden sich ein- und mehrstämmige Bäume entwickeln (Photo 1:10).

– 1977 wurden im oberen Jhong Khola 8 *Juniperus indica*-Baumstümpfe (Durchmesser bis 15 cm) auf einem südexponierten Hang in 4.300 m gefunden. Die Stumpfdurchmesser erlauben die Rekonstruktion eines 2 bis 4 m hohen Wacholderhains. In der Nordexposition desselben Tals war 1977 ein kronenschließender Birkenwald zwischen 3.960 und 4.150 m erhalten.

Diese Funde bezeugen die Waldfähigkeit zumindest der Schatthänge oberhalb von ca. 3.500 m bis in die jüngste Vergangenheit. Im unteren Muktinath-Tal (wo es trockener ist und woher der Pollen transportierende Talwind weht), wurden keine Baumreste gefunden. Unter den oben erwähnten Gehölzen, die auf nordexponierten Blockhalden talabwärts von Jharkot überlebt haben, sind jedoch *Abelia triflora*, *Lonicera myrtillus* und *Viburnum cotinifolium* sichere Waldzeiger. Für die Beurteilung der Waldfähigkeit der Umgebung von Jharkot ist wichtig, dass auch heute nördlich der Probenahmelokalität und in mutmaßlich eher trockenerer als feuchterer Umgebung *Pinus wallichiana* und *Abies spectabilis* vorkommen (Jeula Forest: MIEHE 1982, *Pinus* noch in Nord-Mustang auf der Westseite des Thak Khola, 15 km nördlich bei Samar).

Im Rahmen des “Nepal-German Project on High Mountain Archaeology” wurden im Muktinath-Tal und benachbarten Abschnitten des Kali Gandaki umfangreiche archäologische Grabungen durchgeführt. Demnach wurden früheste Siedlungszeugnisse in der Wüstung Phudzeling datiert ( $1542 \pm 303$  cal BC, SIMONS, schriftl. Mitt.). In Mebrak (im Zentrum des Muktinath-Tals, Photo 1:8) und in Chokhopani (Kali Gandaki gegenüber Tukche) konzentrieren sich Datierungen einer frühen Siedlungsperiode zwischen 1200 und 450 cal BC (Chokhopani Period, SIMONS a. SCHÖN 1998). Eine zweite durch Datierungen ausgewiesene Siedlungsperiode konzentriert sich zwischen 450 cal BC und 100 cal AD in den Höhlen oberhalb Mebrak und wird von SIMONS und SCHÖN (1998) “Mebrak Period” genannt. In diese Periode fällt auch der Beginn der Besiedlung des unterhalb von Jharkot gelegenen Khyinga-Hügels (Khyinga I, 1. Jh. BC – 3. Jh. AD, HÜTTEL 1997; HÜTTEL a. PAAP 1998). Vier Bauschichten konnten hier

insgesamt unterschieden werden. Bis ins 7. Jh. cal AD (Ende Khyinga II) dominieren Südimporte unter den Haushaltsgegenständen, und die Menschen waren vermutlich Tibeto-Burmesen (HÜTTEL 1994). Die letzten zwei Siedlungsphasen (Khyinga III a, b, 8.–10. Jh. und 11.–15. Jh. AD) waren deutlich tibetisch geprägt und fallen in die Zeit des großtibetischen Reichs. Die Siedlung wurde aus noch unbekanntem Gründen im 15. Jh. aufgegeben, etwa zeitgleich mit vielen Höhlenwohnungen oberhalb von Mebrak (Ende von Periode 4 nach SIMONS a. SCHÖN 1998). Aus der Mitte des 15. Jahrhunderts AD stammen die frühesten Datierungen der Festungen Dzar (Jharkot) und Kag (Kagbeni) sowie Garabdzong im Kali Gandaki (a. a. O.). Zwischen 1450 und 1600 AD scheinen bedeutende Umsiedlungsprozesse (von den Höhlen und Terrassensiedlungen in befestigte Dörfer) stattgefunden zu haben, die historisch mit der Bildung eines autonomen tibetischen Königreichs Mustang (gLo) korreliert werden können. Zur Sicherung der Provinz wurden auch im Muktinath-Tal die Festungen errichtet bzw. ausgebaut. Es entstanden die heute noch bewohnten Siedlungen um die Burgen.

Die archäologischen Grabungen belegen, dass schon die Bewohner der ersten Siedlungsphase im Muktinath-Tal Getreide anbauten (vor ca. 400 BC nur Gerste und Buchweizen, KNÖRZER 2000) und Nutzvieh hielten. DRIESCH et al. (2000) fanden schon in der ältesten Bauschicht von Khyinga Knochen von Ziegen, Schafen, Rindern, Yaks, Hausschweinen und Hühnern. Folgende Ergebnisse der archäozoologischen Untersuchungen sind umweltgeschichtlich aufschlussreich (a. a. O.):

– Aus der Menge der in den Bauschichten von Khyinga abgelagerten Tierknochen kann geschlossen werden, dass die Bevölkerung zwischen dem 1. Jh. BC und dem 15. Jh. AD stetig zugenommen hat.

– Kleine Wiederkäuer bildeten schon von Anfang an das Haupt-Schlachtvieh. Das Verhältnis zwischen Schafen und Ziegen betrug in Khyinga I etwa 1:1; danach nahm der Anteil der Schafe zugunsten der Ziege immer mehr ab. Nur in der letzten Siedlungsphase (11.–15. Jh. AD) wurden wieder mehr Schafe gefunden (evtl. Importe?). Gegenwärtig werden nur noch wenige Schafe gehalten.

– Rinderartige nahmen während der Siedlungszeit in Khyinga kontinuierlich geringfügig zu, wobei das Verhältnis zwischen Rind und Yak (ca. 4:1) in etwa konstant blieb. In Khyinga IIIb (11.–15. Jh. AD) geht der Anteil der Boviden schon leicht zurück, und gegenwärtig wird er unbedeutend gegenüber demjenigen des Kleinviehs.

– Schweine wurden ab Khyinga I gehalten. Ihr Anteil an den Schlachttieren war in Khyinga II (4.–7. Jh.

AD) am höchsten; danach ging er stark zurück. Heute werden keine Schweine mehr gehalten. Auch die Haltung von Hühnern verliert kontinuierlich an Bedeutung. DRIESCH et al. (2000) führen den Rückgang dieser Haustierarten auf eine Verschlechterung der Umweltbedingungen zurück.

Diese Veränderungen im Verhältnis der Knochenreste von Haustieren in den verschiedenen Siedlungsphasen müssen mit Vorsicht gewertet werden: Es ist wahrscheinlich, dass die Siedler verschiedenen Kulturkreisen angehörten und dass der Khyinga-Hügel wechselnde Funktionen hatte (von Festungen zur befestigten tibetisch geprägten Siedlung in Khyinga III). Anders sind die Voraussetzungen bezüglich der Wildtiere. Reste von Jagdwild belegen neun Tierarten, die heute im Muktinath-Becken nicht mehr vorkommen, darunter typische Waldbewohner wie Hirsche, Tahr und Wildschwein. DRIESCH et al. (2000) gehen davon aus, dass diese Tiere im Muktinath-Becken selbst gejagt und nicht als zerlegtes Wildbret von südlichen Tälern herangeschafft wurden. Sie schließen daraus, dass das Muktinath-Becken während des Mittelalters mit Wäldern und Dickichten bestanden gewesen sein muss, ähnlich den heutigen Verhältnissen um Marpha und Tukche (ca. 10 km südlich im Kali Gandaki) oder im unteren Cha Lungpa, 12 km nordwestlich (Photo 2). Wesentlich ist, dass sich die Wildfauna während der Siedlungsphasen von Khyinga nicht stark verändert hat. Auch die Größe der Haustiere (als Maß für die Ernährungsbedingungen) bleibt in etwa gleich. Offenbar fand die entscheidende Aridisierung des Klimas mit folgender Übernutzung und Degradation der Vegetation erst zwischen der Aufgabe von Khyinga und der jüngsten Vergangenheit statt. Diese Vermutung wird durch die Information alter Bewohner des Muktinath-Beckens gestützt, die sich erinnern, dass ihre Väter im oberen Tal in Wäldern gejagt haben. Andererseits fand KNÖRZER (2000) schon in Dung- und Heuresten der Höhlenwohnungen (also aus Epochen vor 1800 AD) Reste von Pflanzen, die auf die Existenz von Salzwiesen hinweisen.

Ausgedehnte Flurwüstungen im gesamten tibetischen Himalaya (MIEHE 1982; 2000) sind durch Austrocknung am plausibelsten zu erklären. Dass lokal auch Bewässerungskanäle zerstört wurden oder Bewohner aufgrund von Kriegen oder Seuchen geflohen sind (POHLE 2000), ändert nichts an der übergreifenden klimatischen Erklärung. 1995, 1999 und 2001 befragte Einheimische erklärten das Wüstfallen u. a. mit Wassermangel. Es muss also damit gerechnet werden, dass die im gesamten Zentral- und Hochasien für das Holozän gut belegte Austrocknung auch im Muktinath-Tal nachweisbar ist.

### Das Pollendiagramm Jharkot

Das Profil Jharkot wurde am östlichen Rand der gleichnamigen Ortschaft in 3.500 m NN in einer verumpften Fläche aus einer Tiefe von 40–370 cm mit der Dachnowski-Sonde erbohrt. Parallel dazu wurde in etwa 2 dm Abstand mit dem Russischen Kammerbohrer der Bereich von 5–100 cm abgeteuf. Von 5–64 cm ist grobfaseriger, überwiegend brauner bis dunkelbrauner Cyperaceen-Niedermoortorf (im oberen Bereich kaum verdichtet) erbohrt. Von 64–110 cm folgt schwarz-braune, stark tonige Detritusmudde. Von 110–370 cm besteht das Profil überwiegend aus graufarbenem tonigen Material mit grusigen Anteilen und Schieferstückchen von bis zu 1 cm Kantenlänge. Unterhalb 220 cm sind braune und schwarze Kügelchen (vermutlich Eisenoxid/hydroxid) und ab 280 cm abschnittsweise eine rostfarbige Marmorierung zu beobachten. Organische Bestandteile sind hier äußerst gering und traten bei der Aufbereitung des Materials im Labor erst oberhalb von 165 cm in Erscheinung. Bis zum Beginn des Seggentorfhorizonts in 64 cm steigt der Humusgehalt kontinuierlich an.

Die Darstellung der Zählergebnisse erfolgt durch Auftragung der Prozentwerte in einem Pollendiagramm (Abb. 2). Die Prozentwerte beziehen sich auf die jeweilige Grundsumme (GS), die sich aus Addition aller Pollenkornfunde einer Probe ergibt. Die Funde von Cyperaceen und Wasserpflanzen sowie Farn- und Lebermoosporen sind nicht in die GS einbezogen.

Das Pollendiagramm (Abb. 2) beginnt mit einer Auswahl von Bäumen und Sträuchern. Gut vertreten sind Pollenformen jener Baumarten, die sowohl starke Pollenproduzenten sind als auch exponiert im Talwind stehen und als die größten Waldbäume den Talwinden stärker ausgesetzt sind. Hierzu zählen *Tsuga dumosa*, *Quercus semecarpifolia*, *Pinus roxburghii* und *Alnus nepalensis*. Es handelt sich hierbei um Fernflugpollen aus der Himalaya-Südabdachung: Die nächstgelegenen *Alnus nepalensis* besetzen 30 km weiter südlich Rutschungen in der Durchbruchsschlucht des Kali Gandaki durch den Hohen Himalaya. *Pinus roxburghii* ist heute erst 40 km entfernt unterhalb jener Schluchtstrecke zu finden. Die nächstgelegenen *Quercus semecarpifolia* und *Tsuga dumosa* stehen in 30 km Entfernung. Schwach vertreten sind *Abies* und *Picea*, da sie überwiegend auf talwindabgewandten Nordexpositionen wachsen. Im Umkreis von 10 km sind aktuell *Juniperus indica*, *Cupressus torulosa* (Pollen des *Juniperus*-Typs), *Pinus wallichiana* und *Betula utilis* vertreten.

Auf die Kurven der Gehölze folgen diejenigen des Nichtbaumpollens. Zuerst sind eindeutige Siedlungszeiger aufgeführt, dann Gruppen unterschiedlichen

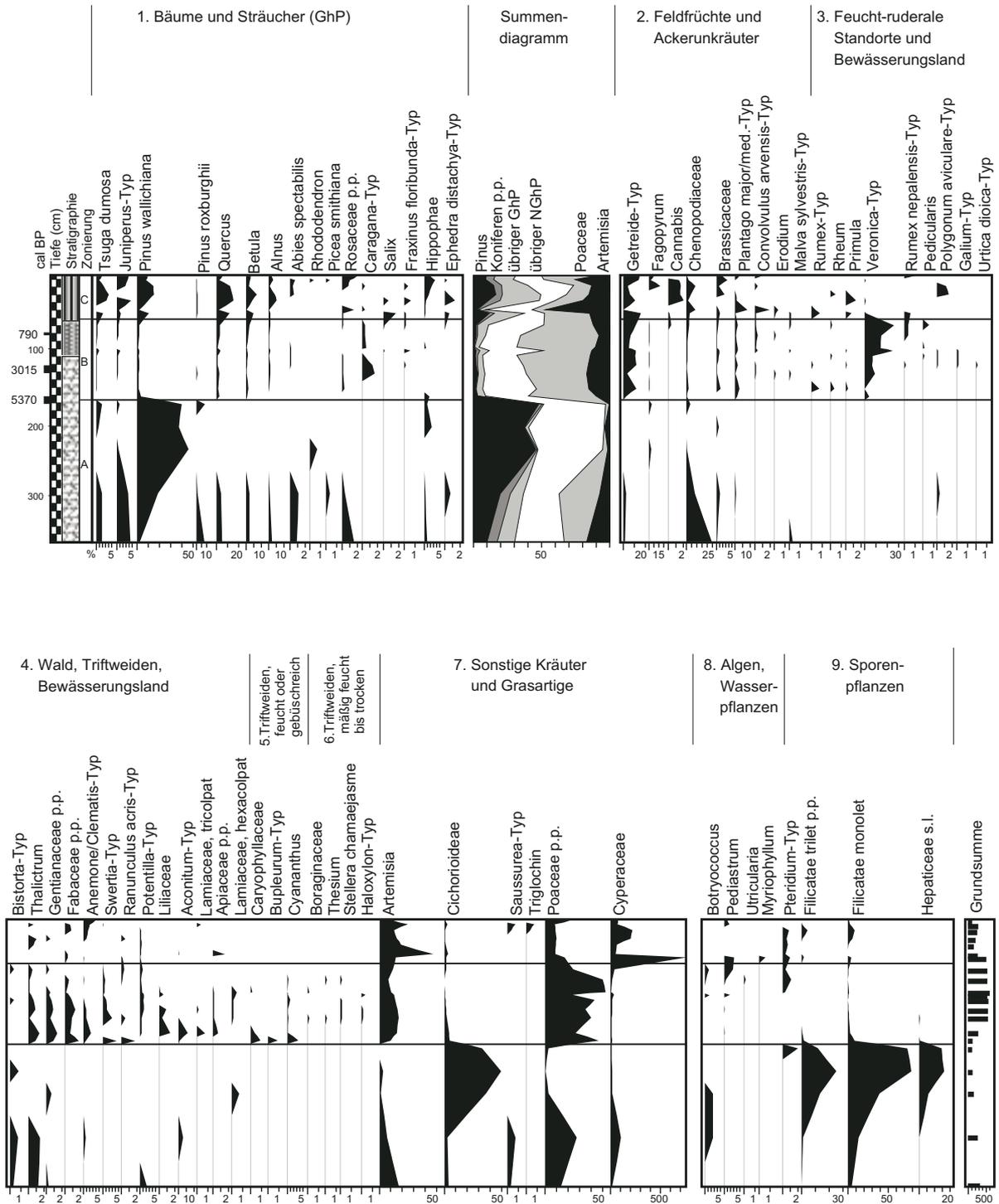


Abb. 2: Pollendiagramm Jharkot/Muktinath, 3.500 m  
 Datierungen uncal BP: 4620 ± 40, 2870 ± 40, 830 ± 140  
 Pollen diagram Jharkot/Muktinath, 3,500 m

Zeigerwerts, Arten des Bewässerungslandes, trockener Triftweiden und sonstige. Am Schluss stehen Wasserpflanzen und Farn- und Moossporen.

Zone A (unterhalb 165 cm) weist Merkmale starker Pollenzersetzung bei entsprechend schlechter Pollenerhaltung auf. Zur Kennzeichnung der Verhältnisse wurden fünf Proben ausgezählt und im Pollendiagramm dargestellt. Die gegen Zersetzung widerstandsfähigen Pollenkörner der Gattung *Pinus* und der Compositen-Unterfamilie der Cichorioideae bilden zusammen etwa 90% der Grundsumme. Die sehr widerstandsfähigen Farn- und Lebermoos-Sporen sind insgesamt ebenso häufig wie die Pollenkörner. Die empfindlichen Perinen der monoleten Sporen sind jedoch nicht erhalten. Das Sediment dieses Profilbereichs wird also im Laufe seiner Bildungsgeschichte für eine geraume Zeit oxidativen Prozessen ausgesetzt gewesen sein. Das heutige Niedermoor hat offenbar noch nicht bestanden. Möglicherweise handelt es sich bei dem Sediment um in unbekannter, evtl. kurzer Zeit zusammengesüßtes Oberflächenmaterial oder um bei einer Umlagerung aufgearbeitetes Substrat.

Der Übergang von Zone A zu B ist auf 5.370 Jahre cal BP AMS-datiert (162–171 cm). Da bei entsprechender Auftragung alle drei Datierungen nahezu auf einer Gerade liegen, erscheint eine Beeinflussung des Ergebnisses durch Verunreinigung oder einen Hiatus unwahrscheinlich.

Aus Zone A liegen keine Datierungen vor. Die in den nur fünf Proben angezeigten Vegetationsverhältnisse erscheinen jedoch insgesamt plausibel. Auf eine offene, steppenartige Vegetation (Chenopodiaceen, *Artemisia*, Gramineen) folgt die holozäne Waldentwicklung, in deren Verlauf es zur Dominanz von *Pinus wallichiana* im Pollendiagramm kommt. Die Präsenz von *Rhododendron*, vielen Farnen und Lebermoosen in der *Pinus wallichiana*-Phase deutet auf ein im Vergleich zur Gegenwart feuchteres Klima hin. Das Klimadiagramm von Manang (Abb. 1) könnte diese Verhältnisse veranschaulichen.

Der oberste Abschnitt von Zone A ist durch Störungen der Vegetation gekennzeichnet. Sanddorn (*Hippophae*) erscheint als Pioniergehölz grundfeuchter Standorte, begleitet von *Bistorta* und einem Maximum an Compositen (Cichorioideae). Unmittelbar im Übergang zu Zone B folgen mit *Tsuga*, *Juniperus*, *Pinus roxburghii*, Chenopodiaceen und *Pteridium* weitere Pionierarten und Brandzeiger (z. T. Fernflugpollen).

Im Übergang zu Zone B gehen die Kurven des Kiefernpollens, der Farn- und Lebermoossporen sowie der Pollenanteil der Cichorioideae drastisch zurück. Zeitgleich tritt Pollen des Getreidetyps (vorwiegend des *Hordeum*-Typs (Gerste)) und von bekannten Siedlungs-

zeigern auf, sowie die für den Himalaya und z. T. für das gesamte Hochasien typischen Arten feuchter oder gebüschreicher Triftweiden (v. a. *Cyananthus*, *Aconitum* und *Bupleurum*). Die Gegenläufigkeit der *Pinus*-Kurve zu denjenigen der Siedlungs- und Triftweidezeiger legt es nahe anzunehmen, dass der Wechsel von Zone A zu B eine Landnahme durch Waldrodung anzeigt. Bei dieser Interpretation ist jedoch Vorsicht geboten. Wie bereits oben erwähnt, ist die Pollenführung in Zone A sehr schlecht, so dass eine unkritische Betrachtung der Kurvenverläufe zu falschen Schlüssen führen kann. Ein Indiz für Kiefernwald im Muktinath-Tal während der Zone A ist der hohe Anteil solcher Farnsporen, die kaum verweht werden. Vor allem der *Polypodium*- und der *Pteris*-Typ enthalten viele Waldfarne, während der *Pteridium*-Typ auch den bekannten Kulturfolger *P. aquilinum* (Adlerfarn) beinhaltet; er taucht bezeichnenderweise in der jüngsten Probe von Zone A auf, zusammen mit zunehmenden Anteilen von Chenopodiaceen (wahrscheinlich Lägerflur-Arten). Letztendlich müssen aber zur Klärung der Frage nach Umfang und Dauer einer ehemaligen Bewaldung des Muktinath-Tales weitere palynologische Untersuchungen durchgeführt werden.

In Zone B ist die Pollenführung sehr viel besser. Ob und wie weit die nun hervortretenden Kurven von Siedlungszeigern bei entsprechender Sedimentqualität bis in die Zone A zurückreichen würden, ist unsicher. Das Datum des Erscheinens der Siedlungszeiger zu Beginn von Zone B ist also ein Mindestalter. Gleiches gilt auch für den Beginn der Landnahme: Die Sedimentation in Periode A könnte im Zusammenhang mit einer initialen Störung der Wälder stehen: teilweise Rodung zur Weideerschließung oder für primitiven Anbau auf unterlassierten Hängen zwischen Behausung und Wald. Hierfür sprechen folgende Befunde: Präsenz von Pioniergehölzen (*Hippophae*) und Pionierkräutern auf humosem Offensubstrat (*Artemisia*, andere Compositen, *Polygonum*) sowie von Lebermoosen, die Offensubstrat besiedeln, und vor allem die Tatsache, dass *Fagopyrum* schon vorhanden ist. Diese uralte Kulturpflanze des Himalaya wird heute noch in abgelegenen Teilen Bhutans im Brandrodungs-Wanderfeldbau angebaut. Neben den kultivierten Buchweizenarten *F. esculentum* und *F. tataricum* könnten die Funde aber auch eine wilde Art, *F. dibotrys*, repräsentieren. Diese wächst in humidem Klima an gestörten Standorten (Weg- und Ackerändern) und ist von Nepal nur bis 3.400, von Bhutan nur bis 3.000 m Höhe belegt (GRIERSON a. LONG 1983; HARA et al. 1979). Wir nehmen an, dass die massiven Erosionsvorgänge, die zur Bildung des Sediments von Zone A geführt haben, durch Degradation der Wälder (mit oder ohne Ackerbau) bei hohen Niederschlägen

ausgelöst wurden. Falls Ackerbau betrieben wurde, fand er wohl zunächst nicht auf Bewässerungsterrassen statt (Regenfeldbau, der auch für feuchtere Bedingungen spräche). Eine andere Möglichkeit ist, dass das Material aus Zone A bei Rodung und Anlage von Terrassen in kurzer Zeit zusammengespült wurde. Weitere Hinweise gibt ein Pollenprofil, das 1986 zwischen Jharkot und Khyinga geborgen wurde. Es konnte nicht weiter interpretiert werden, da Datierungen eine völlig chaotische Schichtung ergaben, die auf massive Umlagerungen hinweist (BEUG, mündl.). Die  $C^{14}$ -Werte bewegten sich zwischen  $3900 \pm 145$  BP und  $12600 \pm 280$  BP. Wesentlich ist, dass auch in den untersten Horizonten Getreidepollen vorkommen – ein Indiz für die Wahrscheinlichkeit, dass die Rutschungen oder Erosionsvorgänge erst nach der Landnahme erfolgten. Der Getreide-Typ umfasst jedoch auch Pollen einiger Wildgräser.

Unklar ist bislang die Identität der Cichorioideen, die 30–50% des Pollens in Zone A ausmachen. In den Aufnahmen aus den rezenten Kiefernwäldern (Tab. 1) fehlen Vertreter dieser Compositen-Gruppe völlig. Es könnte sich um *Cicerbita macrorhiza* handeln, eine Halbrosettenpflanze, die in feuchten strauchreichen Triftweiden auch heute noch in Muktinath vorkommt, allerdings erst oberhalb von Jharkot.

Die Kombination von reichlich Kiefernpollen mit demjenigen von Cichorioideen (mit jeweils gegenläufigen Schwankungen) trat auch in dem zwischen Jharkot und Khyingar gewonnenen Pollenprofil auf. Im östlichen Hindukusch (Naz Bar-Tal: Shukan) gab es ein Maximum an Cichorioideen (zusammen mit *Ephedra* und *Riccia!*) zu demjenigen Zeitpunkt, als der *Pinus wallichiana*-Bestand drastisch zurückging (SCHLÜTZ 1999, 111). Auch hier ist offenbar eine Rodungsphase um ca. 5000 BP belegt; die Compositen breiteten sich mit der Bestandesauflichtung aus. Grundsätzlich ist jedoch zu beachten, dass die beschriebenen Veränderungen am Ende des mittelholozänen Klimaoptimums eintreten (SCHLÜTZ 1999), somit zumindest anteilig klimatisch bedingt sein dürften.

Mit dem Beginn von Zone B kann jedenfalls menschliche Besiedlung angenommen werden. Die Konsistenz des Sediments (tonige Detritusmudde im oberen Teil der Zone B, toniges Material mit höherem mineralischen Anteil, Grus und Steinchen im unteren Teil bis ca. 110 cm) legt nahe, dass die Bohrstelle ein vernässter siedlungsnaher Ruderalstandort war. Die Zunahme des *Veronica*-Typs (Gruppe 3 im Pollendiagramm, vermutlich *V. anagallis-aquatica*) und die unter 8. aufgeführten Wasserpflanzen deuten auf die Präsenz eines Teiches im oberen Teil von Zone B hin. Das Verhältnis zwischen Cyperaceen und Poaceen (7.) zeigt,

dass sich ein echter Seggentorf erst im Übergang zu Zone C gebildet hat. Auslöser kann die Verlandung des Teiches sein, die aber nicht unbedingt klimatische Ursachen haben muss: Wir können damit rechnen, dass dieser heute am Dorfrand liegende Bereich mehrfach konstruktive Veränderungen erfuhr; dazu gehören Bautätigkeiten, die Anlage oder Umleitung von Bewässerungs- oder Drainage-Kanälen. Eine Änderung des Artenspektrums kann also nicht ohne weiteres auf Klimaveränderungen zurückgeführt werden. Mit diesen Vorbehalten lassen sich innerhalb von Zone B drei Perioden unterscheiden. Die früheste Periode, zwischen ca. 5400 und 3200 Jahren BP, dokumentiert den Beginn von Triftweide und ab spätestens 4500 BP von Getreideanbau. Bis zum ersten Maximum des Getreidepollens um etwa 4500 BP verschwinden mit den Weideunkräutern feuchter oder gebüschreicher Triftweiden (Gruppe 5) auch die Farne, während feucht-ruderaler Arten auftauchen (3. und 4.). Letztere zeigen nicht unbedingt den Beginn des Bewässerungsanbaus an, da sie in humidem Klima auch zonal vorkommen.

Diese Periode endet mit einem Rückgang des Getreidepollens um etwa 3200 BP. Eine zweite Phase verstärkter Anbautätigkeit lässt das Diagramm bis ca. 1300 BP (100 cm) erkennen. Während dieser Periode bleiben die Triftweide-Kräuter der Gruppe 4 präsent; etliche zeigen dieselben Pollenmaxima wie der Getreide-, *Swertia*-, *Veronica*- und *Potentilla*-Typ sowie die Lamiaceen. Interessant ist das erstmalige Auftreten der Triftweidezeiger *Galium*, Brennessel (*Urtica*) (Gruppe 3) sowie Boraginaceae, *Thesium* und *Stellera chamaejasme* (Gruppe 6). Hierzu gesellt sich unter den Gehölzen der Dornstrauch *Caragana*. Letzterer erreicht sein absolutes Pollenmaximum in der kurzen Wüstungsphase (?) zwischen Periode 1 und 2. Er könnte auf Flurwüstungen eingewandert sein (auch *Juniperus*-Pollen tritt erstmals in Zone B wieder auf).

Für die Diskussion, ob die in Zone A vermuteten Kiefernwälder infolge klimatischer Austrocknung oder Rodung verschwanden, ist ganz wesentlich, dass *Caragana* und *Stellera* als mögliche Ariditätszeiger nicht zu Beginn von Zone B vorhanden sind (im Gegensatz zu den Siedlungs- und Feucht-Weidezeigern), sondern erst in Periode 2 (Irrtümer durch die schlechte Pollenführung in Zone A und im unteren Teil von B vorbehalten). Diese zoochoren Arten können allerdings auch durch neue Siedler bzw. ihr Vieh um den fraglichen Zeitpunkt herum eingeschleppt worden sein (*Stellera* aus Dolpo oder Tibet). Dies könnte auch für *Potentilla bifurca* (heute trocken-ruderal) gelten, aber der *Potentilla*-Typ umfasst auch die feucht-ruderaler *P. anserina* sowie *P. fruticosa*. Der Import neuer Weideunkräuter durch die

Neuansiedlung von Menschen in dieser Zeit ist nicht unwahrscheinlich, da mit der Chokhopani-Periode nach SIMONS a. SCHÖN (1998), die gleichfalls ca. 3200 BP beginnt, eine Siedlungsphase auch archäologisch belegt ist. Eine Verdrängung des Waldes durch klimatische Austrocknung lässt sich aus dem Erscheinen dieser Arten jedenfalls nicht ableiten. Sowohl *Caragana gerardiana* (die die heutigen Igelheiden bildet) als auch *C. brevispina* kommen noch heute in der Zone relativ feuchter, aber entsprechend degradierter Kiefern- und Kiefern-Birkenwälder vor (Tab. 1). Auch *Thesium* und *Stellera chamaejasme* (Pollendiagramm, Gruppe 6) wachsen heute auf Triftweiden in der potentiellen Waldzone. *Stellera* hat höhere Feuchteansprüche als die Cupressaceen und kommt heute weder in reinen *Cupressus*-Wäldern noch in den trockensten Ausprägungen der Wacholderwälder vor. Die Staude hat ihre Untergrenze gegenwärtig erst oberhalb von Jharkot, mit einem Verbreitungsschwerpunkt zwischen 3.600 und 4.200 m. Das Vorhandensein ihres Pollens könnte kühlere Bedingungen im Vergleich zur Gegenwart anzeigen. Eindeutig ist ihr Indikatorwert als Weidezeiger.

Die dritte Phase von Zone B beginnt oberhalb von 100 cm mit der Teichbildung (*Veronica* und Gruppe 8!), einem allmählichen Wiederanstieg des Getreidepollens und dem Verschwinden einiger feucht-ruderaler Arten. Zum ersten Mal erscheinen Weiden (*Salix*, noch heute an Bewässerungsgräben als Bauholz und für Futterlaub gepflanzt). Die Phase reduzierten Getreideanbaus beginnt um ca. 1300 BP. In dieser Zeit endet die zweite Siedlungsperiode des nahegelegenen Khyinga-Hügels mit einer Wüstungsphase (HÜTTEL a. PAAP 1998). Auch SIMONS und SCHÖN (1998) schließen aus ihren Datierungen auf eine Unterbrechung der Besiedlung der Höhlen und Terrassendörfer zwischen 1300 und 1100 BP. Die Entstehung des Teiches ist eher anthropogen als klimatisch zu deuten. Vermutlich entstand er durch Kanalisierung und Umleitung von, oder gar als Reservoir für Bewässerungswasser. Die Tatsache, dass die Sedimente des Profils oberhalb von 110 cm keine Grus- und Steinanteile mehr aufweisen, könnte man mit dem Bau von Mauern bzw. der Anlage von Kulturterrassen an der Bohrstelle erklären (Hemmung der Hangerosion). Eventuell begann der Bewässerungsanbau erst in dieser Zeit.

Die Spätphase von Zone B, in der der Getreideanbau wieder zunimmt und auch erstmals Hanf (*Cannabis*) angebaut wird oder ruderal auftaucht, liegt zwischen 790 und ca. 500 BP. In dieser Zeit verlandet der See; der Seggentorf beginnt zu wachsen und der Getreideanbau wird ausgedehnt (gleichsinnig nimmt der *Artemisia*-Pollen zu). Dieser Trend setzt sich bis ca. ins 16. Jh. AD fort (extrapoliert, gleichmäßiges Torfwachs-

tum vorausgesetzt). Die Intensivierung des Ackerbaus mag von Neurodungen oder dem Wüstfallen weiter entfernter Flächen begleitet gewesen sein (Zunahme von *Artemisia*, Vorhandensein von *Pteridium*, letzterer kann auch aus Fernflug sein). Geschichtlich fällt diese Periode intensivierte Ackerbaus in die letzte Phase von Khyinga (III b, 11.–15. Jh. AD, HÜTTEL a. PAAP 1998) bzw. die späte 4. Siedlungsperiode (900–1400/1450 AD) nach SIMONS a. SCHÖN 1998, in der sowohl die Höhlen als auch die Terrassensiedlungen bewohnt waren.

Ob das Klima in dieser Zeit trockener geworden ist, lässt sich schwer beurteilen. Es fällt auf, dass im Übergang von Zone B zu Zone C viele Feuchtezeiger verschwinden, dazu auch *Stellera chamaejasme*. Dies mag mit der Verlandung des Teichs bzw. mit einer Nutzungsänderung der Umgebung der Bohrstelle im Zuge der entstehenden Festungssiedlung Jharkot zusammenhängen. In Zone C ist jedoch *Ephedra* präsent, ein Zwergstrauch versteppter Triftweiden, hier ein eindeutiger Degradationszeiger (der Pollen kann nur bei offener Krautvegetation transportiert werden!). Die auffälligsten Veränderungen zeigt in Zone C der Gehölzpollen: Im Vergleich zu B sind deutliche Anstiege der Pollenanteile mit Maxima in der Mitte der Zone zu sehen. Zum Teil können diese auch dadurch zustande kommen, dass der nicht in die Gesamtsumme eingehende Cyperaceenpollen auf Kosten der Gramineen zunimmt und durch verstärkte Bautätigkeit in Jharkot insgesamt weniger Pollen aus der unmittelbaren Umgebung der Bohrstelle eingeweht wird. Innerhalb von Zone C muss aber auch mit Auswirkungen des "Little Ice Age" gerechnet werden. Das gemeinsame Maximum von *Tsuga dumosa*, *Quercus* und *Betula* bei gleichzeitigem Minimum vom *Juniperus*-Typ und Fehlen von *Caragana* könnte auf feuchtere Bedingungen hinweisen. Diese Vermutung wird gestützt durch wieder ansteigende Anteile von Schafen an dem Schlachtvieh von Khyinga III b (DRIESCH et al. 2000).

Ein markanter Rückgang im 17. oder 18. Jh. AD unterbricht die Zunahme dieser Gehölzpollen. Er korreliert mit einem Minimum des Getreidepollens, dem Verschwinden einiger Arten des Bewässerungslandes, Maxima von *Artemisia* und anderen Weideunkräutern sowie Rosaceen (Rosensträuchern?); gleichzeitig erscheint auch wieder Pollen des *Caragana*-Typs. Hier könnte eine Wüstungsphase (Kriege gegen Jumla und zwischen den lokalen Kleinfürstentümern?) mit großflächiger Waldzerstörung in der Umgebung erfasst sein. Es folgen zunächst Maxima von Pioniiergehölz-Pollen (*Juniperus*-Typ, *Salix*, *Ephedra*), bevor die o. g. Waldarten ihr Maximum in Zone C erreichen und sogar Tannennpollen erscheint.

Im 18. oder 19. Jh. AD beginnt eine neue Phase des Bewässerungsanbaus, in deren Spätphase Buchweizen ein Maximum erreicht. Auch Chenopodiaceen- (Steckrüben, Blattgemüse, aber auch Lägerflur-Arten) und Brassicaceen-Pollen (Senf, Kohl, aber auch Lägerflur-Arten und Ackerunkräuter) nimmt zu. In den beiden jüngsten Proben hat die Menge des Getreidepollens wieder das Maximum vom 16./17. Jh. erreicht.

Erst in den letzten 200 Jahren taucht *Triglochin* (*T. maritima*, *T. palustris*) auf, Salzzeiger in Sümpfen arider Gebiete. Die Zunahme vom *Anemone/Clematis*-Typ zusammen mit *Triglochin* erscheint paradox, jedoch handelt es sich mit Sicherheit um *Clematis tibetana*, die heute noch an Mauern und am Feldrain wächst. Neben der natürlichen oder künstlichen Austrocknung des Sumpfes wäre also spätestens ab dem 19. Jh. eine Aridisierung des Klimas feststellbar, die sich auch in den Gehölzkurven niederschlägt (Ausnahme: *Juniperus/Cupressus* als dürreunempfindlichere Arten).

### Diskussion

Wie lassen sich die pollenanalytischen Befunde im größeren siedlungs- und klimageschichtlichen Rahmen interpretieren, und welchen Zeigerwert haben folglich die *Caragana*-Igelheiden?

#### a) Zum Alter der Landnahme

Das Pollenprofil macht wahrscheinlich, dass ab mindestens 5400 BP Menschen im Muktinath-Becken siedeln, Vieh halten und wenig später auch Ackerbau betreiben. Vor diesem Datum muss es massive Rutschungen und Umlagerungen von Hangmaterial gegeben haben, die offensichtlich mit einer Rodungsphase unter humiden Klimabedingungen zusammenhängen. Diese Rodung kann durchaus noch früher stattgefunden haben, eventuell durch halbnomadische oder nomadische Jägervölker, die primitiven Buchweizenanbau auf unterlassierten Hängen betrieben, wie man es heute noch bei abgelegenen wohnenden Volksgruppen beobachten kann. Im Rahmen der archäologischen Forschungen im Muktinath-Tal wurden derartig frühe Zeugnisse menschlicher Anwesenheit bisher nicht gefunden. Die frühesten Datierungen von Lehmziegelmauern in den Höhlenwohnungen, die als verunreinigt verworfen wurden (SIMONS, schriftl. Mitt. 2001), würden mit ca. 6000 BP (SCHUH 1992–93) genau in die Zeit der vermuteten Rutschungen fallen. Vergewenwärtigt man sich die neolithische Entwicklung auf dem Indischen Subkontinent, ist die frühe Landnahme in Muktinath nicht unwahrscheinlich.

Die ersten Siedler des Muktinath-Tals können aber auch von Norden eingewandert sein. In Südtibet gibt es seit dem Paläolithikum Spuren des Menschen (CHAYET 1994; BALL 2002). HUANG (1994) vertritt die Auffassung, dass diese Jäger aus Süden kamen und führt 27 Stätten aus dem oberen Yarlung Zhangbo- (Brahmaputra-)Tal westlich Xigaze auf, die dem Mesolithikum zugeordnet werden. Darunter sind 6 Stätten bei Zhong-ba, nur 90 km nördlich des Muktinath-Tals.

Spuren menschlicher Eingriffe sind in Osttibet (Nianbaoyeze, SCHLÜTZ 1999) für das mittelholozäne Klimaoptimum nachweisbar: Zeitgleich mit einer mutmaßlich durch Brandrodung ausgelösten Abnahme der Baumpollen treten um ca. 7000 BP der *Caragana*-Typ und der tropisch-subtropische Ruderalzeiger *Tribulus* auf. Wenig später folgen die für Tibet typischen Weidezeiger *Stellera chamaejasme* und *Androsace*.

Neolithische Siedler scheinen vom Ostrand des Tibetischen Plateaus (Ka-rou bei Qamdo, maximal 5000 BP, Jagd sowie Hirse- und Gerstenanbau) entlang des Zhangbo-Tales über Lhasa nach Tingri (spätes Neolithikum) vorgestoßen zu sein. Definitiv ist Gerstenanbau in Südtibet erst seit dem 2. Jh. AD nachgewiesen; ein Bewässerungssystem ist aus schriftlichen Quellen aus dem 6. Jh. bekannt (SCHLÜTZ 1999). Wenn die archäologische Datenlage auch noch unbefriedigend ist, so zeigen die Befunde doch, dass menschliche Landnahme um 5000 BP in Muktinath kein Einzelfall in der weiteren Region ist.

#### b) Klimageschichtliche Einordnung

Klimageschichtlich werden in dem Pollenprofil von Jharkot drei mögliche Schübe einer Austrocknung erkennbar: (1) zwischen 5400 und 3200 BP mit dem Rückgang der feuchten Triftweidezeiger und dem Erscheinen von *Caragana*, (2) zwischen dem 16. und 17. Jh. AD und dann erst (3) im 18./19. Jh. AD.

Der Wechsel von Zone A zu B vor 5.400 Jahren ist wohl nicht ausschließlich anthropogen bedingt, sondern fällt mit dem Ende des mittelholozänen Klimaoptimums zusammen. Sowohl im Westen Hochasiens (Shukan) als auch im Osten (Nianbaoyeze) geht Baumpollen um dieselbe Zeit signifikant zurück. Im Westen ersetzen *Acantholimon*-Igelheiden den Wald, bevor wenig später der *Plantago major/media*-Typ als Siedlungszeiger folgt (a. a. O.). Seesedimentanalysen von CAMPO und GASSE (1993) sowie GASSE et al. (1996) aus Westtibet zeigen in dem fraglichen Zeitraum stark schwankende Feuchtebedingungen in einer Periode genereller Aridisierung seit 6300 BP. Eine ausgeprägte Trockenphase ist hier zwischen 3900 und 3200 BP nachgewiesen; in dieser Zeit erscheint *Caragana* in Jharkot. Messungen

am Guliya-Gletscher in Westtibet weisen auf eine Trockenphase zwischen 1075 und 1375 AD hin (THOMPSON et al. 1995), danach beginnt hier eine feucht-kühle Phase des "Little Ice Age", die bis 1775 AD dauert und für die aus Osttibet auch dendrochronologisch Temperaturminima in der Mitte des 17. Jh. belegt sind (BRÄUNING 1999). Diese Verhältnisse könnten die Zunahme an Baumpollen in Zone C des Jharkot-Profiles erklären. Analysen der Guliya-Eiskappe weisen darauf hin, dass es in Westtibet im 20. Jh. feuchter war als im letzten Abschnitt des "Little Ice Age" zwischen 1775 und 1900. Das deutet sich auch in der Interpretation der Jahringdynamik von Wachholdern im Yarlung Zhangbo an (BRÄUNING 1999, 129): Die Dürreperioden sind im Zeitraum zwischen 1750 und 1905 ausgeprägter und länger als danach. So könnte die Zunahme der Gehölzpollen nahe der Oberfläche des Jharkot-Profiles weniger eine aktuelle Landflucht im Kali Gandaki als wieder günstigere Feuchteverhältnisse anzeigen. Dieser Trend deutet sich auch in den klimatologischen Analysen Hochasiens an, die BÖHNER (1996) durchgeführt hat. Er tritt auch im Langtang (Zentralnepal) in Pollenprofilen auf (BEUG a. MIEHE 1999).

Die Besiedlungszeit von Khyinga (ca. 200 BC – 15. Jh. AD) erweist sich auch anhand der paläoklimatischen Untersuchungsergebnisse aus Hochasien als klimatisch relativ stabil. Die trockene Zeit zwischen dem 11. und 14. Jh. AD, die in dem Pollenprofil wegen des Teichs und seiner feuchten Randzonen nicht erkennbar ist, betrifft die letzte Siedlungsphase ("Khyinga III late" nach HÜTTEL a. PAAP 1998), in der die Stampflehm-Aufsätze auf den Bruchstein-Mauersockeln vermutlich wesentlich höher waren als diejenigen auf den mächtigeren Fundamenten der ersten Siedlungsphasen (HÜTTEL, mündl.), aber die Wildfauna noch nicht wesentlich anders war als zu Beginn von Khyinga (DRIESCH et al. 2000). Die Aufgabe der Khyinga-Siedlung fällt in das beginnende "Little Ice Age". Offenbar haben die entscheidenden Degradationsvorgänge der Umwelt erst nach der Aufgabe von Khyinga, vermutlich verstärkt in der trockenen Periode ab 1750, eingesetzt. Die Abnahme der Haustier-Größen, der Anzahl der Schafe und der Wildtierarten seit dem Wüstfallen von Khyinga (a. a. O.) sind sichere Indikatoren für die verschlechterten Umweltbedingungen.

c) Sind *Caragana*-Igelheiden Zeiger für anthropogene Waldersatzgesellschaften?

Pollen vom *Caragana*-Typ ist seit etwa 3200 BP in Muktinath nachgewiesen. Leider kann daraus nicht geschlossen werden, dass *Caragana*-Dornsträucher zum

Zeitpunkt der Landnahme (5400 BP), oder sogar vorher (noch) nicht präsent waren. Die insektenbestäubte Gattung schlägt sich nur sehr unzureichend im Sediement nieder (s. auch Profile aus dem Langtang, BEUG a. MIEHE 1999). Heute kommt *Caragana gerardiana* als Weidenunkraut und Lichtzeiger in fast allen trockeneren Koniferenwäldern des Kali Gandaki vor (Tab. 1). *C. brevispina* hat etwas höhere Feuchteansprüche und scheint noch heute mit Waldresten assoziiert zu sein, während *C. gerardiana* die halbwüstenartigen Igelheiden bildet. Ist diese Art ein Halbwüstenbesiedler, der als Degradationszeiger in Wälder eindrang, oder war sie schon immer ein Waldbegleiter, der jenseits der Trockengrenzen des Waldes auch nicht mehr wachsen kann? Nur wenn letzteres zutrifft, können wir *Caragana gerardiana* als Waldzeiger benutzen und alle von ihr gebildeten Igelheiden als Waldersatzgesellschaften klassifizieren.

Der Nachweis ist theoretisch allein aufgrund vergleichender Standortbeobachtungen und Niederschlagsmessungen möglich. Entscheidend ist die Frage, ob *Caragana gerardiana* noch jenseits der Trockengrenze von *Cupressus* und *Juniperus* vorkommt. Leider ist die natürliche Trockengrenze dieser Zypressengewächse wegen extremer Übernutzung gerade in den trockensten Gebieten kaum feststellbar. In Nord-Mustang korreliert die Trockengrenze der Wacholder mit denjenigen von zwei relativ weidefesten Begleitarten (*Artemisia santolinifolia*, *Piptatherum gracile*), so dass sie auch dort abgeschätzt werden kann, wo die Wacholder ausgerottet sind. Die Klimastation Ghami (Jahresniederschlag um 250 mm, s. Abb. 1) liegt knapp oberhalb der Trockengrenze. Jomosom befindet sich mit ca. 290 mm in der Zypressenwald-Zone, Muktinath mit knapp 400 mm im Bereich von Wacholderwäldern auf dem Sonnhang und Kiefernwäldern auf dem Schatthang, die oberhalb von 3.600 m in Birkenwälder übergehen.

Durch die Eichung der Trockengrenze des Waldes bei höchstens 250 mm Jahresniederschlag könnte man zumindest regional alle *Caragana*-Igelheiden, die bei höheren Niederschlägen und ähnlichen Mikroklimabedingungen vorkommen, als anthropo-zoogene Ersatzgesellschaften bezeichnen. Daraus wird klar, dass die ausgedehnten Igelheiden Süd-Mustangs – und natürlich auch des Muktinath-Tals – noch unter den heutigen Klimabedingungen potenzielle Wälder oder Offenwälder ersetzen. Erst nördlich von Kagbeni wird in der Tiefenlinie des Thak Khola die Trockengrenze der Bäume erreicht. Hier bilden Strauchformationen die potenzielle natürliche Vegetation, *Caragana gerardiana* eingeschlossen. In Nord-Mustang liegt die Trockengrenze von *Caragana* mindestens 300 Höhenmeter unter derjenigen der Wacholder. Diese Beobachtung

unterstützt die Vermutung, dass der Dornstrauch ein Halbwüsten-Besiedler ist, der sich durch Auflichtung und Zerstörung der Wälder v. a. mit Hilfe des Viehs weideunkrautartig ausbreiten konnte. *Caragana gerardiana* kann also nicht generell als Waldzeiger dienen.

Das heutige Verbreitungsgebiet von *Caragana gerardiana* umfasst semiaride Trockenwaldgebiete des Inneren und Tibetischen Himalaya zwischen dem Thak Khola und Kumaon; dasjenige von *C. brevispina* reicht bis Kaschmir (HARA et al. 1979). Inwieweit die zoochoren Arten durch Völker- und Viehwanderungen nach Zentralnepal gekommen sein könnten, lässt sich wohl kaum aufklären. Für die Spekulationen um die Herkunft der ersten Hirten oder Siedler im Thak Khola dürfte jedoch das Areal dieser Dorngehölze interessant sein.

Aus der großräumigen archäologisch nachgewiesenen Präsenz des Menschen spätestens im Neolithikum kann geschlossen werden, dass die anthropogene Ausbreitung von Igelheiden auf Kosten der Wälder in vielen trockenen Hochgebirgslandschaften zwischen dem Atlas und Südtibet stattfand.

Ausgehend von diesen Ergebnissen vegetationskundlich-palynologischer Gemeinschaftsforschung ist zu wünschen, dass die Zusammenarbeit von Vegetations-

kunde, Palynologie, Archäologie und Klimamodellierung mehr Licht in die Wald- und Kulturlandschaftsgeschichte der Hochgebirge zwischen Atlas und Südtibet bringt.

#### Danksagung

Die vegetationskundlichen Geländeuntersuchungen des Erstautors wurden 1976 und 1977 (als Begleiter von Prof. Dr. M. Kuhle, Göttingen) und 1986 sowie 2001 von der DFG finanziert. Die Probennahme durch den Drittautor 1995 finanzierte gleichfalls die DFG. Die palynologische Auswertung durch den Drittautor wurde durch Mittel von Herrn Prof. Dr. R. Mäusbacher, Jena, aus dem DFG-Schwerpunktprogramm „Siedlungsprozesse und Staatenbildung im tibetischen Himalay“ ermöglicht. Für Pflanzenbestimmungen danken wir Dr. B. W. Dickoré, *Flora Karakorumensis Projekt*, Abt. Pflanzensystematik, Albrecht-von-Haller-Institut, Göttingen, für die anregenden Diskussionen über die archäologischen Befunde Herrn Prof. Dr. H.-G. Hüttel, Bonn und Frau Dr. A. Simons, Köln.

#### Literatur

- BAADE, J. a. MÄUSBACHER, R. (2000): Environmental Change and Settlement History – Preliminary Results from the Muktinath Valley, Inner Himalayas, Nepal. In: Marburger Geogr. Schriften 135, 40–52.
- (2001): Der Einfluss von klimatischen Veränderungen und Naturereignissen (Katastrophen) auf die Siedlungsprozesse in Mustang, Tibetischer Himalaya. Abschlussbericht DFG Schwerpunktprogramm „Siedlungsprozesse und Staatenbildung im Tibetischen Himalaya“. Unpubl.
- BALL, PH. (2002): Humans dwelt in Ice-Age Tibet. In: Nature, 27. 3. 2002.
- BEUG, H.-J. a. MIEHE, G. (1999): Vegetation History and Human Impact in the Eastern Central Himalaya (Langtang and Helambu, Nepal). Dissertationes Botanicae 318, Stuttgart.
- BOBEK, H. (1951): Die natürlichen Wälder und Gehölzfluren Irans. Bonner Geogr. Abh. 8, Bonn.
- BÖHNER, J. (1996): Säkulare Klimaschwankungen und rezente Klimatrends Zentral- und Hochasiens. Göttinger Geogr. Abh. 101, Göttingen.
- BORTENSLAGER, S. u. PATZELT, G. (1978): Das Pollendiagramm von Kol-e Ptukh (3.272 m) im östlichen Wakhan. In: SANARCLENS DE GRANCY, R. u. KOSTKA, R. (Hrsg.): Grosser Pamir. Graz, 192–200.
- BÄRUNING, A. (1999): Zur Dendroklimatologie Hochtibets während des letzten Jahrtausends. Dissertationes Botanicae 312, Stuttgart.
- CAMPO, E. v. a. GASSE, F. (1993): Pollen- and Diatom-Inferred Climatic and Hydrological Changes in Sumxi Co Basin (Western Tibet) since 13.000 yr. B.P. In: Quaternary Res. 39, 300–313.
- CHAYET, A. (1994): Art et archéologie du Tibet. Picard, Paris.
- DOBREMEZ, J.-F. a. JEST, C. (1971): Carte écologique du Népal I. Région Annapurna-Dhaulagiri. In: Doc. Carte Végétation Alpes 9, 147–190.
- DRIESCH, A. v. D.; MANHART, H. u. SCHMITT, B. (2000): Archäozoologische Untersuchungen in der mittelalterlichen Siedlung von Khyinga-Khalun, Distrikt Mustang/Nepal. In: Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie 20, 45–108.
- ERN, H. (1974): Anthropogene Ersatzgesellschaften iberischer Gebirgswälder und ihre Beziehungen zur Vegetationsausstattung der waldfreien Höhenstufe. In: Erdwiss. Forsch. 4, 147–156.
- FORT, M. (2000): Natural Conditions and Hazards for Irrigation in the arid Himalaya of Upper Mustang District, Nepal. In: KREUTZMANN, H. (ed.): Sharing Water. Oxford, 239–258.
- FREITAG, H. (1971): Die natürliche Vegetation Afghanistans. In: Vegetatio 22, 285–344.
- GAMS, H. (1956): Die Tragacantha-Igelheiden der Gebirge um das Kaspische, Schwarze und Mittelländische Meer. In: Veröff. Geobot. Inst. Stiftung Rübél 31, 217–243.
- GASSE, F.; FONTES, J. C.; CAMPO, E. v. a. WEI, K. (1996):

- Holocene Environmental Change in Bangong Co Basin (Western Tibet). In: *Palaeo* 3, 120, 79–92.
- GRIERSON, A. J. C. a. LONG, D. (1983): *Flora of Bhutan*, Vol. 1, 1. Royal Botanic Garden, Edinburgh.
- HAGEN, T. (1968/69): Report on the Geological Survey of Nepal. *Denkschriften Schweizer Naturforsch. Ges.* 86, 1.2.
- HARA, H.; CHATER, A. O. C.; STEARN, W. T. a. WILLIAMS, L. H. J. (1978–82): *An Enumeration of the Flowering Plants of Nepal*. 3 vols. London.
- HUANG WEIWEN (1994): The Prehistoric Human Occupation of the Qinghai-Xizang Plateau. In: *Göttinger Geogr. Abh.* 95, 201–219.
- HÜTTEL, H.-G. (1994): Archäologische Siedlungsforschung im Hohen Himalaya. Die Ausgrabungen der KAVA im Muktinath-Tal/Nepal 1991–1992. In: *Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie* 14, 47–163.
- (1997): Archäologische Siedlungsforschung im Hohen Himalaya. Die Ausgrabungen der KAVA im Muktinath-Tal/Nepal 1994–1995. In: *Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie* 17, 7–64.
- HÜTTEL, H.-G. a. PAAP, I. (1998): On the Chronology and Periodization of Khyinga Settlement Mound. In: *Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie* 18, 6–26.
- KNORZER, K.-H. (2000): 3000 Years of Agriculture in a Valley of the High Himalayas. In: *Vegetation History and Archaeobotany* 9, 219–222.
- KUHLE, M. (1982): Der Dhaulagiri- und Annapurna-Himalaya. Ein Beitrag zur Geomorphologie extremer Hochgebirge. *Zeitschrift Geomorphologie N.F., Suppl. Bd.* 41.
- LOUIS, H. (1939): Das natürliche Pflanzenkleid Anatoliens, geographisch gesehen. *Geograph. Abh.* III, 12.
- MEURER, M. (1982): Geoökologische Untersuchungen im nepalesischen Kali Gandaki-Tal. In: *Gießener Beiträge Entwicklungsforschung* I, 8, 163–186.
- MIEHE, G. (1982): Vegetationsgeographische Untersuchungen im Dhaulagiri- und Annapurna-Himalaya. *Dissertationes Botanicae* 66, 1, 2, Vaduz.
- (1984): Vegetationsgrenzen im extremen und multizonalen Hochgebirge (Zentraler Himalaya). In: *Erdkunde* 38, 268–277.
- (1991): Der Himalaya – eine multizonale Gebirgsregion. In: WALTER, H. u. BRECKLE, S. W.: *Ökologie der Erde* Bd. 4. Stuttgart, 181–230.
- MIEHE, G. a. MIEHE, S. (2000): Comparative High Mountain Research on the Treeline Ecotone under Human Impact. Carl Troll's "Asymmetrical Zonation of the Humid Vegetation Types of the world" of 1948 reconsidered. In: *Erdkunde* 54, 34–50.
- MIEHE, S.; MIEHE, G.; HUANG JIAN; OTSU TSEWANG; TUNTSU TSEREN a. TU YANLI (2000): Sacred Forests of South-Central Xizang and their Importance for the Restoration of Forest Resources. In: *Marburger Geogr. Schriften* 135, 228–249.
- MISHRA, T. N. (1994): The Archaeological Research in the High Mountains of Mustang District. An Assessment of the Situation. In: *Ancient Nepal* 136, 147–160.
- PACHUR, H.-J. (1998): Paläo-Environment und Drainagesysteme der Ostsahara im Spätpleistozän und Holozän. In: KLITZSCH, E. u. THORWEIHE, U. (Hrsg.): *Nordost-Afrika: Strukturen und Ressourcen*. DFG. Bonn, 366–444.
- POHLE, P. (1993): Geographical Research in the History of the Cultural Landscape of Southern Mustang. *Ancient Nepal* 134, 58–88.
- (2000): Felsbilder und Wüstungen. In: *Archäologie in Deutschland* 1, 12–17.
- RATHJENS, C. (1974): Fragen der horizontalen und vertikalen Landschaftsgliederung im Hochgebirgssystem des Hindukusch. In: *Erdwiss. Forsch.* 4, 205–220.
- SCHLÜTZ, F. (1999): Palynologische Untersuchungen über die holozäne Vegetations-, Klima- und Siedlungsgeschichte in Hochasien (Nanga Parbat, Karakorum, Nyanbaoyeze, Lhasa) und das Pleistozän in China (Qinling-Gebirge, Gaxun Nur). *Dissertationes Botanicae* 315. Stuttgart.
- SCHUH, D. (1992–93): Introduction. In: *Ancient Nepal* 130–133, c-m.
- SIMONS, A. a. SCHÖN, W. (1998): Cave Systems and Terrace Settlements in Mustang, Nepal. Settlement Periods from Prehistoric Times up to the Present Day. In: *Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie* 18, 27–47.
- SIMONS, A.; SCHÖN, W. a. SHRESTHA, S. S. (1994): Preliminary Report on the 1992 Campaign of the Team of the Institute of Prehistory, University of Cologne. In: *Ancient Nepal* 136, 51–75.
- THOMPSON, L. G.; MOSLEY-THOMPSON, E.; DAVIS, M. E.; LIN, P. N.; DAI, J.; BOLZAN, J. F. a. YAO, T. (1995): A 1000 year climate ice-core recorded from the Guliya ice cap, China: its relationship to global climate variability. In: *Annals of Glaciology* 21, 175–181.
- WÜNNEMANN, B.; PACHUR, H.-J.; LI JIJUN u. ZHANG HUCAI (1998): Chronologie der pleistozänen und holozänen Seespiegelschwankungen des Gaxun Nur/Sogo Nur und Bajjian Hu, Innere Mongolei, Nordwestchina. In: *Petermanns Geograph. Mitt.* 142, 191–206.