

Wie natürlich ist die Vegetation der Hochweiden Osttibets?

Dass der Mensch seine Umwelt oft unwiederbringlich verändert, ist Allgemeinwissen und wird meist auf die Ballungsgebiete von Küstentiefländern bezogen. Kontrapunktisch gelten dagegen entlegene und dünnbesiedelte Ökosysteme wie das Hochland von Tibet als natürlich. Dies ist auch die Mehrheitsmeinung der Umweltforschung, die bislang weitgehend ignoriert, dass Menschen die Umwelt ihren Bedürfnissen angepasst und selbst dort Kulturlandschaften geschaffen haben, wo dies wegen geringer Bevölkerungsdichte schlecht vorstellbar scheint.

In allen für Jagdzwecke und Viehwirtschaft nutzbaren Klimaten ist stets auch eine Pflanzendecke vorhanden, die durch Feuer in ihrer Zusammensetzung verändert werden kann. Von Menschen für Jagd oder zur Schaffung übersichtlicher und ertragreicher Weiden gelegtes Feuer ist weltweit überall nachweisbar und Kenngröße des Anthropozän (vgl. *Crutzen und Stoermer 2000, Pyne 1997*). Da die Anwesenheit von Menschen in Tibet seit der letzten Eiszeit bezeugt ist (vgl. *Zhang und Li 2002*) und wir wegen der Lage Tibets im Ausbreitungskorridor der Errungenschaften der „neolithischen Revolution“ (vgl. *Diamond 1997*) mit einer frühen Übernahme der Viehwirtschaft rechnen können, stellt sich die Frage, wie die Natürlichkeit der Vegetation in Tibet nachgewiesen werden kann.

Status quo

Die Hochflächen und Tälerlandschaften Osttibets liegen im sommermonsunfeuchten Südostquadranten Hochasiens und erhalten auf die Vegetationsperiode konzentrierten Niederschlag,



Foto: J. Rock 1926 (mit freundlicher Genehmigung Staatsbibliothek zu Berlin, Preußischer Kulturbesitz)

Foto 1: Expositionsabhängige Waldverteilung in Nordosttibet

Schatthänge tragen Fichtenwald, Sonnhänge haben waldfreie Triftweiden, die durch Schwenden gehölzfrei gehalten werden. Im Feuerschutz von Felsklippen sind Baumwacholder erhalten. Huang He Schlucht in Nordost-Tibet (ca. 35°22' Nord/100°22' Ost, 3 570 m)

der selbst in der trockenen Talstufe der Meridionalen Stromfurchen Baumwuchs zulässt: Die Schatthänge tragen Fichten- und Tannenwald oder sind nach den Kahlschlägen des „Großen Sprungs nach Vorn“ (vgl. *Winkler 1996*) jetzt mit Pionierwaldstadien aus Birke und Zitterpappel besetzt. In den Hochlagen dominieren häufig geschlossene Rhododendron-Dickichte, in denen vereinzelte Fichten und Tannen stehen. Sonnhänge sind meist waldfrei, was für natürlich gehalten

wird und durch den Frost-trockniskomplex erklärt erscheint (vgl. *Foto 1, v. Wissmann 1960/61*). Stellenweise haben jedoch Sonnhänge auch Wacholderwald, oder es finden sich vereinzelte Wacholderbäume oder zu Kugelbüschen verbissene immergrüne Eichen in sonst baumfreien Triftweiden. Jenseits der Wärmemangelgrenze des Waldes, die von den äußeren Gebirgsketten um maximal 1 000 m zu den inneren Tälern bis auf über 4 800 m ansteigt, folgen zwergstrauchreiche



Foto 2: Im Quellgebiet des Salween deckt *Kobresia pygmaea* bis zu 98 % der golfrasenartigen Hochweiden und hat einen trittfesten Wurzelfilz ausgebildet. Die Rasen sind maximal 3 cm hoch (31°00' Nord/92°32' Ost, 4 810 m)

Triftweiden. Auf feuchteren und schattseitigen Hängen herrschen Zwergstrauchdickichte aus immergrünen Rhododendren und sommergrünen Weidensträuchern vor. Geschlossene Rhododendron-Dickichte weisen oft unregelmäßig gefranzte Feuerregenerationsflächen auf.

Trockenere Standorte und Sonnhänge haben geringeren, unregelmäßig verteilten Strauchbestand, vorzugsweise aus Berberitzen, Rosen, *Spiraea* und *Potentilla fruticosa* in einem artenreichen Rasen aus Rosettenpolstern und kleinwüchsigen Seggen sowie Gräsern. Die Hochflächen sind weitgehend gehölzfrei und in einer Fläche von ca. 450 000 km² von golfrasenartig kurzen trittfesten *Kobresia pygmaea*-Matten bedeckt (vgl. Foto 2), die sich vom Qilian Shan im Norden bis in den Inneren Himalaya Nepals ausdehnen. Die Rasen reichen in Nordosttibet auf Sonnhängen bis 3 000 m und in Südosttibet bis 4 000 m hinab und bilden damit den für Osttibet landschaftsprägenden Gegensatz waldfreier Sonnhänge und bewaldeter Schatthänge. Der Gegensatz waldfreier Sonnhänge zu nadelwaldbestandenen Schatthängen der Tälerlandschaften Osttibets einerseits und die golfrasenähnlichen Matten aus *Kobresia pygmaea* der Hochflächen Osttibets andererseits ist landschaftsprägend. Es stellt sich

aufgrund der ausgedehnten nomadischen Nutzung die Frage, warum diese Matten nicht doch anthropo-zoogenen Ursprungs sein sollten.

Waldfreie Sonnhänge in Osttibet

Über die Trockengrenze des Baumwachses ist wenig bekannt und die Erforschung natürlicher Ursachen dadurch erschwert, dass die meisten Trockengrenzen im Schweifraum des Menschen liegen. Die Antwort auf die Frage nach der Natürlichkeit waldfreier Sonnhänge ergibt sich zuerst aus

dem Geländebefund: Da Wald aus Bäumen besteht, sollte ein einzeln stehender vitaler Baum in Normalstandorten, der fruchtet und progenuiert, das Waldpotenzial anzeigen. Niemand würde aus der Existenz eines einzigen Zahns in einem sonst zahnlosen Mund nicht auf ein einst vollständiges Gebiss schließen wollen. Damit wären selbst einzelne Bäume auf Sonnhängen Waldzeugen (vgl. Foto 3). Der für die europäischen Alpen von *Scharfetter* aufgestellte Satz „Wo ein Baum steht, könnten neben ihm auch andere wachsen, wenn der Mensch und sein Vieh es zuließen“ (zit. nach *Ellenberg* 1996) sollte auch für subtropische Gebirgsklimate gelten.

Die Argumentation von *Wissmanns* (1960/61), der am Beispiel einer Fotografie von Josef Rock den Expositionsgegensatz für natürlich hielt und mit Frosttrocknis erklärt, hinkt, weil auf dem Foto Wacholderbäume zu sehen sind (vgl. Foto 1) und v. *Wissmann* in seiner Wiedergabe des Fotos einen Wacholderwald bestandenen Vordergrund des Originalausschnitts abgeschnitten hatte. Die Ableitung klimatischer Schwellenwerte für Wald ist im Gebirge schwer, da Klimastationen meist in der trockenen Talstufe liegen. Für die zweifelsfreie Ableitung eines



Foto 3: Waldinseln von *Juniperus przewalskii*, umgeben von sonnseitigen „alpinen“ *Kobresia*-Matten in Nordosttibet (35°45' Nord/100°14' Ost, 3 800 m)

Niederschlagsmindestwert für Baumwuchs steht in Ostt Tibet nur die Klimastation Dulan zur Verfügung. Sie liegt am Ostrand des Qaidam-Beckens in 3 191 m und verzeichnet (1955–1980) 179 mm mittleren Jahresniederschlag mit Sommermaximum. Nur ca. 20 km entfernt und 300 m höher steht Fichten- und Wacholderwald.

Die Klimastationen der trockenen Talstufe des Yangtze (Batang 2 589 m, 465 mm/a) und die des Mekong (Qamdo, 3 271 m, 470 mm/a; vgl. Mieke et al. 2001) haben mehr als doppelt so viel Niederschlag. Sowohl der Geländebefund als auch die Niederschläge weisen Ostt Tibet als potenzielles Waldland aus. Wir wissen noch nicht, seit wann die Wälder sonenseitiger Hänge abgebrannt sind. Pollenanalysen zeigen abnehmenden Baumpollenanteil in der äußeren Ostabdachung seit 5 000 Jahren (vgl. Thelau 1992, Frenzel 1994). Wacholder- und Fichtenholzkohle haben ^{14}C -Alter bis 9 000 Jahre v.h. (vgl. Kaiser et al. 2007). Selbst wenn wir eine der bandkeramischen Landnahme in Mitteleuropa vergleichbare erste Rodungsphase

ähnlichen Alters in Tibet annehmen, dürfen wir nicht davon ausgehen, dass alle Sonnhänge zur selben Zeit abgebrannt wurden. Die Frage, warum die Wälder des Sonnhangs und nicht die des Schatthangs abgebrannt wurden, ergibt sich zum einen aus der leichteren Brennbarkeit ausgetrockneter organischer Substanz im Gegensatz zu den während der winterlichen Trockenzeit häufig schneebedeckten Schatthängen, zum anderen sind die rasch ausapernden Sonnhänge als Winterweiden wichtig, da die Nomaden Tibets Winterfutter und Stallfütterung nicht kannten (vgl. Manderscheid 1999).

Pollenanalyse als Werkzeug der Kulturlandschaftsforschung in Tibet

Pollenanalyse ist in Europa bei bekannter Flora und guter Kenntnis ökologischer Zeigerwerte eine etablierte Methode der historischen Kulturlandschaftsforschung. In Tibet wurde Pollenanalyse bislang fast ausschließlich für den regionalen Erstnachweis andernorts bereits bekannter

Klimaimpulse verwendet. Inzwischen fortgeschrittene weideökologische Kenntnisse erlauben jetzt die Nutzung der Pollenanalyse für Zwecke der Kulturlandschaftsgeschichte. Das Pollendiagramm „Nianbaoyeze 3“ (vgl. Abb. 1) stammt aus einem Gebirgsmassiv in der äußeren Ostabdachung des Tibetischen Hochlandes (33°22' Nord/101°02' Ost, 4 170 m). Der Bohrkern wurde von F. Lehmkühl 1991 geborgen und von F. Schlütz analysiert.

Der Kern stammt aus einem Niedermoor im Weidegebiet tibetischer Yaknomaden. Die nächstgelegene Klimastation, 40 km östlich und 540 m tiefer gelegen, hat ca. 550 mm Sommerregen, womit im Gebiet mit mehr als 750 mm Niederschlag in der Vegetationsperiode gerechnet werden kann. Der Winter zwischen Oktober und April ist trocken und kalt, jedoch kommt es immer wieder zu starken Schneefällen mit katastrophalen Viehverlusten. Die Sonnhänge der Umgebung sind von *Kobresia pygmaea*-Triftweiden mit *Potentilla fruticosa* besetzt; von den hochasiatischen Weidezeigern ist vor allem *Stellera*

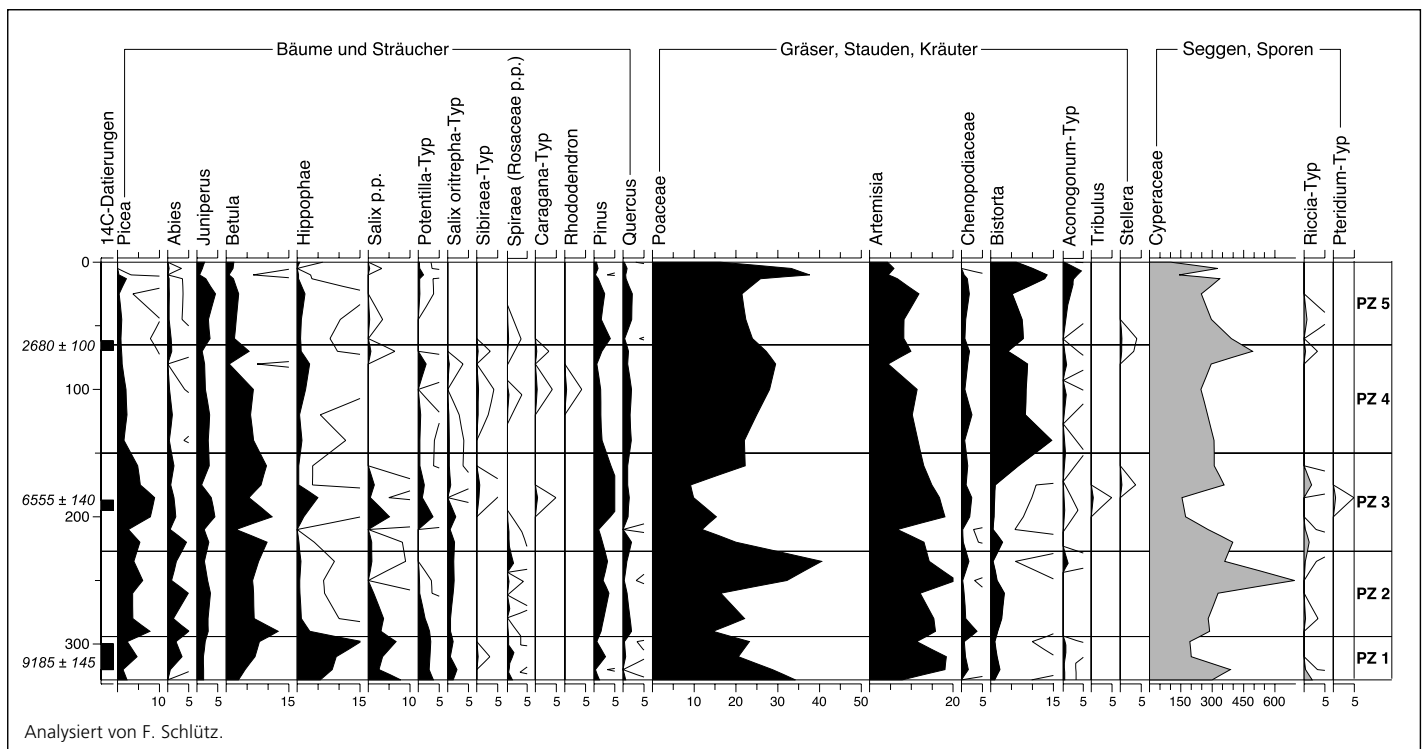


Abb. 1: Pollendiagramm „Nianbaoyeze 3“ (4 170 m, 33°22' Nord/101°02' Ost) ausgewählter Taxa

Stratigraphie: unterhalb 290 cm tonig-schluffige Detritusmudde, darüber Cyperaceen-Torf. Prozentwerte beziehen sich auf die Pollen-Gesamtsumme ohne Cyperaceae und Wasserpflanzen

chamaejasme vorhanden. Die Schatthänge haben von Viehgangeln durchzogene Zwergstrauchdickichte. Die höchsten isolierten Bäume (Wacholder auf Sonnhängen, Fichte auf Schatthängen) sind bis 4 250 m gefunden worden (vgl. *Lehmkuhl* 1995), womit sich die Frage stellt, seit wann Wälder beseitigt wurden, weil Weideland gewünscht war.

Die Schotterbänke der Wildflüsse sind von *Hippophaë tibetana*-Pionierstrauchdickichten besetzt. Die vernässten Talböden der ehemaligen Zungenbecken haben ausgedehnte Niedermoore („Naka“) aus *Kobresia schoenoides*-Bulten. Sie bilden die ertragreichen Winterweiden der Yaks.

Das Pollendiagramm umfasst ein Profil von 330 cm Länge und gibt die Vegetationsgeschichte der letzten 10 000 Jahre wieder. Es ist in fünf Pollenzonen (PZ) unterteilt.

Von den vier wichtigsten Waldbäumen der Ostabdachung sind in PZ 1 die am wenigsten wärmebedürftigen *Juniperus (przewalskii)* und *Betula (platyphylla)* schon von Beginn an präsent. *Picea* und *Abies* wandern mutmaßlich entlang der Täler ein. Es ist anzunehmen, dass ihre Eiszeit-Refugien nicht weit entfernt lagen.

PZ 1 zeigt einen rasch dichter werdenden Birkenwald auf dem Schatthang, mutmaßlich mit *Salix* und *Potentilla fruticosa* im Unterwuchs. Die Schotterbetten der Wildbäche haben durch den mit einsetzendem Sommermonsun und abschmelzenden Gletschern höheren Abfluss ihre größte Ausdehnung. Sie werden rasch von Strauchdickichten von *Hippophaë tibetana* besetzt. *Artemisia*, eine der Pionierstauden auf Schotterbänken wird von *Hippophaë* verdrängt. Gräser nehmen desgleichen ab, weil sie sowohl auf den Schotterbänken als auch auf den Schatthängen von Sträuchern und Bäumen geschattet werden. *Chenopodiaceae* bleiben im gesamten Holozän unbedeutend; es sind die in ganz Hochasien vertretenen einjährigen Rohboden-Pioniere. Es gibt

keine Hinweise darauf, dass Kältesteppen in der Ostabdachung im Spätglazial noch vorhanden sind, oder es je hier waren.

PZ 2 zeigt mächtiges Torfwachstum, womit die Sanddorn-Pionierstrauchdickichte durch Naka-Moore mit kräftigem Seggentorf-Wachstum abgelöst sind. Damit scheint wenigstens für dieses Niedermoor zu gelten, dass das Torfwachstum klimatische Ursachen hat im Gegensatz zu den anderen Teilen Tibets, wo häufig nach Rodungen zu sehr unterschiedlichen Zeiten das Torfwachstum einsetzt (vgl. *Frenzel* 1994). *Picea*, *Abies* und *Betula* bilden Wälder auf dem Schatthang und Wacholder auf den Sonnhängen.

PZ 3 zeichnet sich durch höchste Baumpollenwerte aus. Dies geht auch auf höheren Fernflug von *Pinus*-Pollen zurück und hat mit der Walddynamik im Nianbaoyeze selbst nichts zu tun. Aufgrund des höchsten Baumpollenanteils können wir davon ausgehen, dass die für Waldwuchs günstigen Klimabedingungen des PZ 2 anhalten. PZ 2 und 3 stellen wahrscheinlich eine Feucht-Warmzeit da, die das mittelholozäne Klimaoptimum repräsentiert. In PZ 3 treten jedoch auch Veränderungen auf, die am einfachsten zu verstehen sind, wenn wir schon im Mittelholozän Eingriffe des Menschen für möglich erachten: Etwa 7 000 Jahre v.h. sehen wir einen deutlichen Einschnitt bei allen Gehölzpollenkurven.

Dies gilt sowohl für die *Picea*-, *Abies*-, *Betula*-Wälder und für den *Juniperus*-Wald der näheren Umgebung, als auch für *Pinus*- und *Quercus*-Wälder der tieferen Flusstäler in größerer Entfernung. Der Einschnitt ist derart ausgeprägt, dass es sich mit nur geringer Wahrscheinlichkeit um ein Klimasignal handelt: Es kann vermutet werden, dass Nomaden den Wald durch Feuer zurückgedrängt haben. Es sieht so aus, als handele es sich hierbei nicht um einen lokalen Waldbrand, sondern um Eingriffe, die vom Waldgrenz-Ökoton des Nianbaoyeze

in über 4 000 m Höhe bis in die Kiefern-Eichenstufe unterhalb 3 000 m hinabreichte. Da Holzkohle-Partikel im gesamten Profil präsent sind, ist dieses Ereignis sicher nicht der erste Feuerangriff, aber offensichtlich einschneidender als alle anderen zuvor. Der einzige Nachweis eines weltweit bekannten Feuerzeigers, *Pteridium aquilinum*, liegt in dieser Pollenzone nach dem genannten Eingriff. Da Adlerfarn in dieser Meereshöhe heute fehlt, ist anzunehmen, dass er sich in Feuersukzessionen in abgebrannten *Pinus*- oder *Quercus*-Wäldern ausgedehnt hat.

Bald nach diesem Eingriff kommt es zur Zunahme von Sträuchern: *Salix*, *Potentilla fruticosa*, *Spiraea*, *Sibiraea* und *Caragana* breiten sich aus. Dickichte aus diesen Arten besetzen auch heute vorzugsweise mäßig feuchte beweidete Hänge, auf denen isolierte Fichten oder Tannen das Waldpotenzial anzeigen. Wir haben für diesen Eingriff keinen „smoking gun evidence“, was ohnehin in der Paläoökologie die Ausnahme wäre, aber es könnte sein, dass Baumpollenkurven selbst zeigen, dass der Einschnitt nicht klimatisch gesteuert ist: *Picea*, *Juniperus* und *Betula* sowie *Pinus* erreichen erst danach ihr Maximum. *Abies* allerdings erholt sich von dem Eingriff nur wenig. Viehverbiss könnte auch dafür als Erklärung dienen, denn Tannenjungwuchs wird bevorzugt vom Vieh gefressen. Wir können deshalb davon ausgehen, dass die Klimabedingungen für Wald nie günstiger waren als vor etwa 6 500 Jahren.

Es gibt zwei weitere Pollentypen, die die These, es handele sich um ein Kultur- und nicht um ein Klimasignal, unterstützen: Nach diesem Waldbrand tritt Pollen von *Tribulus* und *Stellera chamaejasme* auf. Ersterer ist ein in den gesamten trockenen Tropen und Subtropen klassischer Indikator für Mensch und Viehwirtschaft. Seine Präsenz in einem humiden Gebirgsmassiv wie dem Nianbaoyeze ist ohne Vektor nicht denkbar – wir können da-

von ausgehen, dass *Tribulus* mit den ersten Viehherden eingeschleppt wurde, da seine Diasporen epizoochor verbreitet werden (vgl. Miehe et al. 2007). In PZ 3 tritt zum ersten Mal ein weiterer Pollentyp auf, der mit der Viehwirtschaft in Beziehung gesetzt werden kann: *Stellera chamaejasme* ist ein im humiden östlichen Zentralasien verbreitetes Weideunkraut, das auch abgetrocknet im Winter nicht gefressen wird. Seine Ausbreitung wird durch den selektiven Weidegang des Viehs begünstigt.

Ein weiterer, nur mit weideökologischen Kenntnissen erschließbarer Hinweis auf weidebedingte Änderungen in der Krautschicht ergibt sich aus der Pollenkurve von *Bistorta macrophylla*. Der Knöterich ist Kennart der *Kobresia*-Weiden im feuchten Südostquadranten des Tibetischen Hochlandes. Im Rückschluss von der heutigen Vegetationsverteilung können wir annehmen, dass sich seit 5 000 Jahren *Kobresia*-Weiden etabliert haben. Das Spezifikum dieses Weidetyps ist, dass die bestandsbildende *Kobresia pygmaea* nur 2–3 cm groß

wird und damit für Yaks nicht abzuweiden ist. Allenfalls Schafe können bis zu 50 % ihrer oberirdischen Phytomasse abweiden. Jeder höhere Weidedruck würde also die Ausbreitung dieser golf-rasenartigen trittfesten Weiden begünstigen.

Aus der Cyperaceen-Kurve geht diese Veränderung nicht hervor und ist auch nicht zu erwarten, da *Kobresia schoenoides* des azonalen Niedermoors von der zonalen *Kobresia pygmaea* pollenanalytisch nicht unterschieden werden kann. Von lokaler Bedeutung in PZ 3 ist ein Anstieg von *Hippophaë*-Pollen gleichzeitig zu einem *Betula*-Einbruch. Die einfachste Erklärung wäre, dass eine Rutschung im nächstgelegenen Birkenwald zu diesem Rückgang geführt hat und die abgerutschten feuchten Schotter von *Hippophaë tibetana* besiedelt wurden. Ähnliches zeigt *Riccia* und *Aconogonium* an: das Lebermoos besiedelt vegetationsloses Offensubstrat; der Knöterich feuchtes Offensubstrat.

PZ 4 zeichnet sich durch kontinuierliche Abnahme des Baumpollens aus. Zunehmender Wei-

dedruck könnte die Präsenz von *Androsace (tapete)* anzeigen, ein polsterwüchsiger Degradationszeiger in *Kobresia pygmaea*-Weiden. Ähnlich, aber vielleicht verstärkt durch kühlfeuchte Bedingungen, lässt sich das Auftreten von *Rhododendron*-Pollen interpretieren: In dem Maße wie *Betula* und *Salix* als dominante Gehölze des Schatthangs durch Beweidung stärker zurückgedrängt werden, kann sich *Rhododendron* ausbreiten, der vom Vieh nicht gefressen wird und nur durch Schwenden gehindert werden kann, sich in geschlossenen Dickichten auszubreiten.

In PZ 5 ist der Baumpollen so niedrig wie nie. Lediglich *Juniperus* ist in diesem Hochtal noch präsent, der Pollen von *Picea* und *Betula* stammt aus den südlicheren Teilen des Nianbaoyeze und aus dem Fernflug.

Ist das weltweit größte alpine Ökosystem natürlich?

Die Frage, seit wann Menschen die Biome Osttibets verändern, kann mit einer gewissen Zurückhaltung wenigstens für die Gegenwart dahingehend beantwortet werden, dass heute alle zonalen Biome Teil einer Kulturlandschaft sind: Die Zwergstrauchdickichte der Schatthänge werden mittels Feuer immer wieder abgebrannt, um grasdominierte Weiden zu erhalten und v.a. die Verbuschung durch *Rhododendron* zu unterdrücken. Die Sonnhänge haben golf-rasenähnliche trittfeste Triftweiden aus *Kobresia pygmaea* mit *Bistorta macrophylla* und isolierten Zwergsträuchern von *Potentilla fruticosa*, *Berberis*, *Rosa*, *Ribes*, *Caragana* und *Lonicera*. In den vorherrschenden Weidetypen Osttibets zeigen isolierte *Picea*-, *Abies*- und *Juniperus*-Bäume an, dass die Weiden potenziell Wald sind. Diese isolierten Waldzeugen sind wichtig zur Beantwortung der Frage, ob die heutige Waldlosigkeit Osttibets klimatische Ursachen hat, ob es also nach dem für Wald günstigen mittelholozänen Klimaoptimum (ca. 8 000–5 000 Jahre v.h., vgl.



Foto 4: Nach Privatisierung der Weiden sind die Winterweiden in Nordosttibet gezäunt worden. Durch den sommerlichen Weideausschluss konnten die Gräser durchwachsen. Sie würden wahrscheinlich auf Dauer *Kobresia pygmaea* ausschatten (33°45' Nord/95°46' Ost, 4 340 m)

Schlütz 1999, Ren 2000, Herzschuh et al. 2006, Tarasov et al. 2007) im Subboreal durch Abkühlung und Austrocknung zu einem natürlichen Rückgang des Waldes gekommen war. Da heute verstreut noch Baumwuchs an Normalstandorten mit vitalem Jungwuchs beobachtet wird und Wald aus Bäumen besteht, bleibt für die Klimaerklärung kaum Platz.

Der erste Eingriff des Menschen auf die bis dahin natürlichen Biome Tibets kann derzeit am Beispiel des diskutierten Pollendiagramms „Nianbaoye ze 3“ auf ca. 7 000 Jahre v.h. datiert werden. Es mag ältere Eingriffe gegeben haben, denn wir müssen damit rechnen, dass schon paläolithische Jäger und Sammler mittels Feuer ihre Umgebung verändert haben. Der Eingriff war sehr weitreichend und ist auch der Einschneidendste in der Waldgeschichte der Region. Er blieb aber vorerst ohne weitreichende Folgen, denn die Waldbedeckung erreichte erst 500 bis 800 Jahre nach diesem Eingriff ihren Höhepunkt. Es ist in jedem Fall auffällig, dass auf der neolithischen Entwicklungsachse (vgl. Diamond 1997) zum etwa selben Zeitpunkt sowohl in Mitteleuropa als auch in Osttibet Wälder von Viehhaltern erstmals gerodet wurden, obwohl 8 000 km voneinander entfernt.

Wir können nicht ausschließen, dass sich das Klima danach vor allem im klimasensiblen Waldgrenzökoton zum Nachteil des Baumwuchses verändert hat, es also etwa kühler geworden ist. Nachweisen lässt es sich jedenfalls an diesen Profilen nicht, da sich in den letzten 5 000 Jahren eindeutige Kultursignale und mögliche Klimasignale überlagern.

Das Auftreten von eindeutigen Weidezeigern und diagnostischen Arten der heute in Tibet vorherrschenden *Kobresia pygmaea*-Weiden lassen den Schluss zu, dass die Weidewirtschaft seit ca. 5 000 Jahren die Umwelt Osttibets prägt. In den letzten 2 500 Jahren ist Baumwuchs bis auf die heuti-

gen Relikte zurückgedrängt. Von den vier im Gebiet vorkommenden Baumarten ist nur *Juniperus przewalskii* noch vorhanden, mutmaßlich weil Fichte, Tanne und Birke vom Vieh gefressen werden. Der Nachweis von menschbeeinflusstem Waldrückgang ist für das 700 m tiefer und 120 km östlich gelegene intramontane Becken von Zoige in der Huang He-Schleife bisher bis 5 000 Jahre zurückverfolgt worden (vgl. Theläus 1992, Frenzel 1994). Es ist damit zu rechnen, dass weitere Untersuchungen den Zeitpunkt frühester menschlicher Eingriffe weiter zurückverlegen können als 7 000 Jahre.

Im Rückschluss von Ergebnissen paläoökologischer Umweltuntersuchungen der Alpen (vgl. Patzelt 2000) sollten wir auch für die Ungunstphasen in Hochweidegebieten Tibets nicht mit einem Nachlassen menschlichen Einflusses rechnen, sondern mit Rodung, da klimatisch bedingt schlechter regenerierende Weidressourcen stärker genutzt werden müssen. Klimaungunst und Rodung verstärken sich damit.

Das weltweit größte „alpine“ Ökosystem wäre demnach ebenso eine vom Menschen geschaffene und durch seinen Einfluss erhaltene nur scheinbar natürlich baumfreie Vegetationsformation wie das Páramo-Grasland inner-tropischer Gebirge (vgl. Löffler 1979, Laegaard 1992, Wesche 2002).

Grenzen der Beweisführung

Bei der Klärung umweltgeschichtlicher Fragen sind nur Indizienbeweise möglich. Selbst experimentelle Ansätze wie Auszäunungsversuche oder Wiederaufforstungsexperimente (vgl. Miehe et al. 2003) ergeben keinen direkten Beweis. Häufig weist jedoch die Antwort auf die Frage „Wem nutzt es?“ auf den Menschen. Altersdatierte und holz-anatomisch bestimmte Holzkohlen geben Auskunft, wann ein Wald abgebrannt ist. Die Ursache bleibt unbestimmt. In Pyrophyten-dominierten Ökosystemen wie etwa

dem südafrikanischen Fynbos (vgl. Kruger und Bigalke 1984), dem kalifornischen Chapparal (vgl. Hanes 1981) oder den Koniferenwäldern der Rocky Mountains (vgl. Pyne 1997) können natürliche Feuer ein evolutiver Impuls sein.

In anderen Ökosystemen verändert der Mensch die Vegetation nach seinen Bedürfnissen. Vor allem in wechselfeuchten Klimaten mit ausgeprägten Trockenzeiten ist Feuer das adäquate Mittel, Wälder abzubrennen: Spät besiedelte Inseln zeigen den Zusammenhang von Mensch und Feuer: Jeweils mit Eintreffen des Menschen auf vorher unbesiedelten Inseln steigt die Feuerfrequenz nachweisbar durch datierbare Holzkohlenpartikel in Bohrkernen signifikant an. Dies gilt für Australien (38 000 Jahre v.h., vgl. Smith 1982) genauso wie für Madagaskar (1 900 Jahre v.h., vgl. Burney 1993), Hawaii (830 Jahre v.h.; vgl. Burney und Burney 2003) oder Neuseeland (700 Jahre v.h.; vgl. Ogden et al. 1998).

Zusammenfassung

Die Vegetation des östlichen Hochasien zeichnet sich durch golfrasenartige Weidegebiete auf den Hochflächen und durch den Gegensatz bewaldeter Schatt-hänge zu waldfreien Triftweiden der Sonnhänge in den Talerlandschaften aus. Sowohl die Hochweiden aus *Kobresia pygmaea* als auch die sonnseitigen Triftweiden gelten als natürlich. Weideauschlussexperimente haben gezeigt, dass ohne Vieheinfluss Grasland vorherrschen würde. Die *Kobresia pygmaea*-Weiden des weltweit größten alpinen Ökosystems sind demnach ein durch Weidedruck erzeugtes Kulturgrünland. Isolierte Bäume inmitten von Triftweiden zeigen das Waldpotenzial waldfreier Triftweiden an. Menschgelegtes Feuer und Viehverbiss sind entscheidende Faktoren. Erste Datierungen zeigen, dass Viehhalter seit mindestens 7 000 Jahren die Umwelt der Hochweiden Osttibets nach ihren Bedürfnissen verändert haben. ■

Literatur

- BURNEY, D.: Late Holocene environmental changes in arid southwestern Madagascar. *Quaternary Research* 40 (1993), S. 98–106
- BURNEY, L.P. and D.A. BURNEY: Charcoal stratigraphies for Kaua'i and the timing of human arrival. *Pacific Science* 57 (2003), S. 211–226
- CRUTZEN, P.J. and P.J. STOERMER: The 'Anthropocene'. *Global change Newsletter* 41 (2000)
- DIAMOND, J.: *Guns, Germs and Steel*. New York 1997
- ELLENBERG, H.: *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. 5. Aufl. Stuttgart 1996
- FRENZEL, B.: Über Probleme der holozänen Vegetationsgeschichte Osttibets. *Göttingen 1994*, S. 143–166 (Göttinger Geographische Abhandlungen 95)
- HANES, T.L.: California chaparral. In: F. DI CASTRI, D.W. GOODALL and R.L. SPECHT (eds.): *Mediterranean type shrublands*. Amsterdam 1981, S. 139–174
- HERZSCHUH, U., H. KÜRSCHNER and S. MISCHKE: Temperature variability and vertical vegetation shifts during the last ~ 50,000 yr in the Qilian Mountains (NE margin of the Tibetan Plateau, China). *Quaternary Research* 66 (2006), S. 133–146
- KAISER, K., W.H. SCHOCH and G. MIEHE: Holocene paleosols and colluvial sediments in Northeast Tibet (Qinghai Province, China): properties, dating and paleoenvironmental implications. *Catena* 69 (2007), S. 91–102
- KRUGER, F.J. and R.C. BIGALKE: Fire in fynbos. In: P.O. V. GOYSEN und N.M. TAINTON (eds.): *Ecological effects of fire in South African ecosystems*. Berlin 1984, S. 67–114
- LAEGAARD, S.: Influence of fire in the grass-páramo of Ecuador. In: H. BALSLEV and J.L. LUTEYN (eds.): *Páramo: An Andean ecosystem under human influence*. London 1992, S. 151–169
- LEHMKUHL, F.: *Geomorphologische Untersuchungen zum Klima des Holozäns und Jungpleistozäns Osttibets*. Göttingen 1995 (Göttinger Geographische Abhandlungen 102)
- LÖFFLER, E.: Ursprung und Verbreitung der Páramo-Grasländer in Ostneuguinea. *Erdkunde* 33 (1979), S. 226–236
- MANDERSCHIED, A.: *Lebens- und Wirtschaftsformen von Nomaden im Osten des Tibetischen Hochlandes*. Berlin 1999 (Abhandlungen Anthropogeographie. Institut Geographische Wissenschaften, FU Berlin, Bd. 61)
- MIEHE, G., S. MIEHE, K. KOCH and M. WILL: Sacred forests in Tibet: Using Geographical Information Systems for forest rehabilitation. *Mountain Research and Development* 23 (2003), S. 324–328
- MIEHE, G., M. WINIGER, J. BÖHNER and ZHANG YILI: The climatic diagram map of High Asia. Purpose and concepts. *Erdkunde* 56 (2001), S. 94–97
- MIEHE, G., F. SCHLÜTZ, S. MIEHE et al.: Mountain forest islands and Holocene environmental changes in Central Asia: A case study from the southern Gobi Altay, Mongolia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 2007 (in press)
- ODGEN, J., L. BASHER and M. MCGLONE: Fire, forest regenerations and links with early human habitations: Evidence from New Zealand. *Annals of Botany* 81 (1998), S. 687–696
- PATZELT, G.: *Natürliche und anthropogene Umweltveränderungen im Holozän der Alpen*. München 2000, S. 119–125 (Rundgespräche Kommission Ökologie 18)
- PYNE, S.J.: *World fire. The culture of fire on earth*. Seattle, London 1997
- REN, G.: Decline of the mid to late Holocene forests in China: climatic change or human impact. *Journal Quaternary Science* 15 (2000), S. 273–281
- SCHLÜTZ, F.: *Palynologische Untersuchungen über die holozäne Vegetations-, Klima- und Siedlungsgeschichte in Hochasien (Nanga Parbat, Karakorum, Nianbaoyeze, Lhasa) und das Pleistozän in China (Qinling-Gebirge, Gaxun Nur)*. Stuttgart 1999 (Dissertationes Botanicae 315)
- SMITH, J.M.B.: *A history of Australian vegetation*. Melbourne 1982
- TARASOV, P., M. WAGNER und GUIYUN JIN: Jungquartäre und holozäne Klimaentwicklung in chinesischen Trockengebieten. *Geographische Rundschau* 59 (2007) H. 4, S. 12–20
- THELAUS, M.: Some characteristics of the mire development in Hongyuan County, eastern Tibetan Plateau. *Proceed. 9th Intern. Peat Congress Uppsala* 1 (1992), S. 334–351
- WESCHE, K.: The high-altitude environment of Mt. Elgon (Uganda, Kenya): Climate, vegetation and the impact of fire. *Ohne Ort* 2002 (Ecotropical Monographs 2)
- WINKLER, D.: Forests, forest economy and deforestations in the Tibetan prefectures of west Sichuan. *Commonwealth Forestry Review* 75 (1996), S. 296–301
- WISSMANN, H. V.: Stufen und Gürtel der Vegetation und des Klimas in Hochasien und seinen Randgebieten. *Erdkunde* 14 (1960), S. 249–272 sowie *Erdkunde* 15 (1961), S. 29–44
- ZHANG, D. and S.H. LI: Optical dating of Tibetan hand- and footprints: An implication for the palaeo environment of the last glaciation of the Tibetan Plateau. *Geophysical Research Letters* 29 (2002), S. 1–3

Autoren

Professor Dr. GEORG MIEHE
miehe@staff.uni-marburg.de
Fachbereich Geographie, Universität
Marburg Deutschhausstraße 10,
35032 Marburg

Dr. SABINE MIEHE

Dr. FRANK SCHLÜTZ
fshclue@gwdg.de
Institut für Botanik, Universität Göttingen,
Wilhelm-Weber-Str. 2, 37073 Göttingen

Professor Dr. FRANK LEHMKUHL
flehmkuhl@geo.rwth-aachen.de
Fachgruppe für Geowissenschaften
und Geographie,
Lehrstuhl für Physische Geographie und
Geoökologie, RWTH Aachen, Templer-
graben 55, 52056 Aachen

Summary

How "natural" is the Vegetation of High-altitude Pastures in Eastern Tibet?

by Georg und Sabine Miehe, Frank Schlütz,
Frank Lehmkühl

The vegetation of eastern High Asia is characterized by golf course-like pastures at high elevations and the contrast of forested, shaded slopes with treeless, sunny slopes at lower elevations in the valleys. Both the high pastures of *Kobresia pygmaea* and the sun-exposed pasturelands are widely considered to be natural. Grazing exclusion experiments have shown that grasslands would predominate in the absence of cattle influence. The golf course-like *Kobresia pygmaea* pastures of the world's largest alpine ecosystem are thus an artificial grassland type created by grazing. Isolated trees scattered throughout the pasturelands demonstrate the forest potential of currently treeless pastures. Human-induced fire and grazing are believed to be the responsible for the treelessness. Initial dating of evidence shows that herders have been changing the environment of the high pastures of eastern Tibet according to their needs since at least 7000 years.