

## 8. Zusammenfassung

In den letzten Jahrzehnten ist vor dem Hintergrund der wachsenden Weltbevölkerung und der daraus resultierenden Abhängigkeit von der Natur, aber auch aufgrund des immer stärker werdenden Einflusses des Menschen auf seine natürlichen Lebensräume das Verständnis von Interaktionen zwischen dem Menschen und seiner Umwelt in den Mittelpunkt geomorphologischer Forschung gerückt. Von besonderem regionalen Interesse sind hierbei die Hochgebirge der Erde. Zum einen befinden sich die höchsten Gebirgsregionen außerhalb des direkten Einflusses des Menschen. Somit können die geomorphologischen Auswirkungen von Klimaveränderungen studiert werden und Proxydaten für Modellierungen zukünftiger Klimaänderungen und ihrer Wirkung auf die Erdoberfläche liefern. Zum anderen sind die Lebensräume des Menschen in den mittleren und unteren Höhenlagen der Hochgebirge stark von den geomorphologischen Prozessen der obersten Höhenstufen betroffen.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, einen Beitrag zur Paläoumweltrekonstruktion in der Central Mountain Range von Taiwan zu leisten. Die im Pazifik gelegene ostasiatische Insel weist einige Besonderheiten hinsichtlich seiner tektonischen Situation, seiner Topographie sowie seiner Lage im klimatischen Einflussbereich des ostasiatischen Monsuns, tropischer Wirbelstürme und Taifune auf, die es von gut erforschten Hochgebirgsregionen wie z.B. den Alpen oder dem Himalaja unterscheiden. Der Schwerpunkt lag auf der qualitativen Analyse geomorphologischer Formen speziell der obersten Höhenstufen und ihrer Hinweise auf das Prozessgefüge. In zwei Untersuchungsgebieten, dem Nanhuta Shan im Norden und dem Yushan im Süden der Central Mountain Range, wurden zu diesem Zweck detaillierte Kartierungen durchgeführt. Dabei galt es, rezente von vorzeitlichen Landformen zu differenzieren. Der Einfluss des Klimas auf die rezente geomorphologische Formung wurde anhand eigens erhobener meteorologischer Daten im Nanhuta Shan ermittelt. Absolute Datierungen mittels Optisch stimulierter Lumineszenz (OSL) und Dendrochronologie sollten Aufschluss über das Alter vorzeitlicher Landformen geben.

Die Insel Taiwan stellt einen hochdynamischen Landschaftsraum dar, der raschen geomorphologischen Veränderungen unterworfen ist. Taiwan hat eine Gesamtfläche von ca. 36.000 km<sup>2</sup>, von der ein Drittel auf Gebirgsbereiche oberhalb 1.000 m fallen; der höchste Gipfel, der Yushan, hat eine Höhe von 3.952 m. Aus dieser orographischen Situation ergeben sich hohe Reliefenergien, die gravitativen Massentransport fördern. Aufgrund seiner Lage an der Grenze der eurasischen und der philippinischen Platte, die eine unterschiedliche Polarität aufweisen, ist Taiwan einem hohen Maß an Seismizität sowie aktiven Faltungs- und Stauchungsvorgängen unterworfen. Die zentrale Gebirgskette setzt sich zu einem Großteil aus metamorphen Schiefen und Sandsteinen zusammen, die von zahlreichen Verwerfungen und Störungen durchzogen und damit äußerst erosionsanfällig sind. Zu den endogenen Gegebenheiten kommt ein

Niederschlagsregime, das Regenfälle mit großer Intensität und hohe jährliche Niederschlagssummen hervorbringt. Taiwan liegt im Einflussbereich des ostasiatischen Monsuns. Zudem ziehen durchschnittlich 3-4 Taifune pro Jahr über die Insel hinweg (Taiwan Yearbook 2004, Wu & Kuo 1999). Die mittleren Jahresniederschlagssummen variieren in Abhängigkeit von der Lokalität zwischen 1.200 bis zu 8.000 mm pro Jahr. Ein einzelner Taifun kann Niederschlagsintensitäten von über 1.000 mm in 24 Stunden mit sich bringen.

Auf der Grundlage landschaftsökologischer Kriterien (Kuhle 1987, Troll 1973) ist die zentrale Gebirgskette von Taiwan als Hochgebirge anzusehen. Sie weist eine geomorphologische Höhenstufung auf, die zusammenfassend in Abb. 34 und Tab. 15 wiedergegeben ist.

Die von fluvialen Prozessen dominierten unteren Höhenstufen setzen sich zusammen aus der Höhenstufe der Schwemmebenen und Flussdeltas (bis 500 m), die besonders auf der Westseite der Insel ausgeprägt ist. Der Höhenstufe der Torrententäler (500-2.000 m) mit tief eingeschnittenen Kerbtälern, in denen breite Schottersohlen und Flussterrassen ausgebildet sind. Sowie der Höhenstufe überwiegender Kerbtalbildung und erosiver Hangauflösung (2.000-3.400 m in Nord-Taiwan bzw. 2.000-3.500 m in Süd-Taiwan). Darüber (3.400-3.700 in Nord-Taiwan, 3.500-3.800 in Süd-Taiwan) schließt sich eine Übergangszone an, die subperiglaziale Höhenstufe. Diese Höhenstufe markiert eine geomorphologische Ruhezone, die von saisonaler periglazialer Mikroformung in Form von Kammeis, unsortierten Polygonen und Frostsotierung geprägt ist. Oberflächenabfluss tritt hier nur episodisch infolge sehr starker Niederschläge auf. Eine verstärkte rezente Frostschuttbildung ist an die Kamm- und Gipfelregionen (>3.700m in Nord-Taiwan, >3.800 m in Süd-Taiwan) gebunden, die somit die periglaziale Höhenstufe ausmachen. In beiden Untersuchungsgebieten sind in Folge dessen an jeweils drei Lokalitäten Glatthänge mit geradlinigen Hangprofilen und Hangneigungen zwischen 30 und 35° ausgebildet, die vorzeitlich angelegt, rezent aber noch aktiv sind.

Großflächige, von der Lithologie unabhängige Massenbewegungen sind in der Central Mountain Range an Regionen unterhalb ca. 3.000 m gebunden. Diese Obergrenze liegt vermutlich in der dauerhaften Durchfeuchtung des Gesteins unterhalb des Kondensationsniveaus (2.500-3.000 m) sowie dem Einfluss der fluvialen Tiefen- und Seitenerosion begründet, die zur Destabilisierung der Talflanken beitragen.

Die Kerbtäler der obersten fluvialen Höhenstufe weisen bis in ihren Talschluss Spuren starker rückschreitender Erosion auf. Die rezente morphologische Überprägung des vorzeitlichen Reliefs der höher liegenden Bereiche ist hingegen relativ gering. Trotz jährlicher Niederschlagssummen von rund 3.000 mm und Niederschlagsintensitäten in Folge von Taifunen von über 150 mm pro Stunde sind kaum Spuren fluvialer Erosion zu finden. Dies ist der hohen Porosität des Untergrunds geschuldet, der große Wasservolumina aufnehmen kann. In 3.560 m im Nanhuta Shan betragen die

mittleren jährlichen Bodentemperaturen rund 6,0°C in 20 cm Tiefe. Während der von Oktober bis April andauernden Frostperiode liegen die Bodentemperaturen in 10 cm Tiefe an durchschnittlich 71 Tagen wenigstens eine Stunde lang unter 0°C, an 65 Tagen dauerhaft. Die niedrigste gemessene Temperatur in 20 cm Tiefe beträgt -0,5°C, so dass nicht von effektiven Frostwechseln im Sinne von Frostverwitterung ausgegangen werden kann. Die maximale Frosteindringtiefe liegt bei rund 30 cm. Dennoch sind im Nanhuta Shan z.T. große Mengen Schutt zu finden, die größtenteils in zwei Sedimentbecken von jeweils rund 100.000 m<sup>3</sup> Volumen abgelagert sind. Hieraus ergeben sich Hinweise auf Schuttproduktionsraten, die einem vorzeitiglich kälteren Temperaturregime geschuldet sind.

Aufgrund der relativ geringen rezenten geomorphologischen Aktivität in der subperiglazialen Höhenstufe weisen Vorzeitformen, insbesondere mehrere Endmoränenzüge im Nanhuta Shan, einen sehr guten Erhaltungszustand auf. Vorzeitiglich angelegte Glatthänge, Solifluktionsterrassetten, reliktsche Schutthalde und -kegel geben zudem Hinweise auf wenigstens eine holozäne Kaltphase mit verstärkter Frostschuttproduktion. Die Verbreitung von Feinsedimenten im Korngrößenbereich Sand und feiner ist aufgrund der hohen Niederschlagsraten und der hohen Windgeschwindigkeiten in den Gipfelbereichen sehr gering. Auch Bodenbildungsprozesse finden nur sehr eingeschränkt in edaphischen Gunstlagen statt. Die meist mit kleinwüchsigem Bambus bedeckten Feinsedimentakkumulationen sind speziell im Nanhuta Shan in den unteren Hangpartien (3.400-3.500 m) verbreitet und weisen größtenteils eine Terrassierung auf. Diese vorzeitlichen Solifluktionsterrassetten wurden an mehreren Stellen aufgegraben und in einem Fall mittels OSL auf ca. 3,3 ka datiert. Drei reliktsche Schuttkegel im Nanhuta Shan (3.430 m) sind flächendeckend mit Wacholderbäumen bewachsen. Diese konnten mittels Dendrochronologie auf mindestens 1,1 ka datiert werden, was dem Mindestalter der Schuttkegel entspricht, deren Genese auf eine kältere Phase hindeutet. Im Bereich von Batongguan im Yushan belegen glazialmorphologische Befunde eine Vergletscherung des Gebietes. Mit Hilfe von OSL datierte glazifluviale bzw. glazilimnische Sedimente deuten auf den Beginn der Deglaziation um 30 ka hin. Alle Datierungen lassen sich gut in bestehende paläoklimatische Chronologien für Taiwan einordnen.

Neben dem Helan Shan befindet sich auf Taiwan das einzige ostasiatische Hochgebirge, das keinen Permafrost aufweist. Gründe hierfür sind die relativ hohen winterlichen Temperaturen sowie die relativ geringe Vertikalerstreckung der Central Mountain Range. Bei einem Gradienten von 130 m pro Längengrad, wie er für Japan gültig ist, liegt die theoretische Permafrostuntergrenze im Nanhuta Shan bei 4.450 m und im Yushan bei 4.560 m, also 600-700 m über den höchsten Gipfeln. Die Formenarmut der periglazialen Höhenstufe in Taiwan ist im Vergleich zu den anderen ostasiatischen Hochgebirgen eine Besonderheit. Auch die japanischen Gebirge weisen relativ geringe periglaziale Formung auf. Im Vergleich zu Taiwan weist das nördlicher gelegene Gebiet jedoch niedrigere winterliche Temperaturen und größere jährliche Temperaturamplituden auf.