

Analyse der Entwicklung des hochalpinen Wegenetzes in drei österreichischen Gebirgsregionen auf Basis historischer und aktueller Kartendarstellungen

Florian BRAUN, Kinga PAWLIKOWSKA und Andreas MUHAR

Zusammenfassung

Dieser Beitrag analysiert die Veränderungen des hochalpinen Wegenetzes in den vergangenen 60-80 Jahren in der Glocknergruppe, der Venedigergruppe und dem Weißkamm in den Öztaler Alpen. Das Wegenetz wurde aus historischen und aktuellen Alpenvereinskarten (1:25.000) digitalisiert. Die Unterschiede zwischen den Ausgaben wurden in ArcGIS 9.2 analysiert und mit Geländedaten verschnitten (Höhe, Hangneigung, Biotoptypen). Die Ergebnisse zeigen, dass das hochalpine Wegenetz nur zu bestimmten Teilen und in bestimmten Bereichen eine hohe Veränderungsdynamik besitzt, ansonsten aber ein eher stabiles System ist. Die Datenbasis und die verwendete Methode liefern einen guten Überblick über die generelle Entwicklung des Wegenetzes in den drei Gebieten, eignen sich jedoch weniger zur Detailanalyse einzelner Stellen.

1 Problemfeld und Ziel

Das hochalpine Wegenetz stellt gemeinsam mit den Schutzhütten die infrastrukturelle Basis für den Sommer-Bergtourismus (Wandern, Bergsteigen) in Österreich dar. Da sich der Alpinismus sowie der Aufbau des alpinen Wegenetzes in den vergangenen 150 Jahren parallel zum Rückgang der Gletscher entwickelt hat, wurde das Wegenetz in der Vergangenheit immer wieder an Veränderungen in der Hochgebirgslandschaft angepasst, um seine Erschließungsfunktion zufrieden stellend erfüllen zu können. Die Veränderungen sind dabei entweder auf morphodynamische Prozesse (z.B. Gletscherrückgang) oder auf eine veränderte menschliche Nutzung bzw. die Errichtung neuer Infrastruktur (z.B. Hütten, Hochgebirgsstraßen, Gletscherschigebiete) zurückzuführen.

Als Folge des Klimawandels ist vor allem in Zusammenhang mit dem Gletscherrückgang eine fortschreitende naturräumliche Veränderung der Hochgebirgslandschaft zu erwarten (LIEB 2007). Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, welche Teile des hochalpinen Wegenetzes in Zukunft von starken Veränderungen betroffen sein könnten (vgl. z.B. SCHWÖRER 2002, BEHM et al. 2006).

Um Hinweise darauf abzuleiten, analysiert dieser Beitrag, welche Teile des Wegenetzes unter dem Einfluss der Veränderungen in der Vergangenheit eine hohe Dynamik gezeigt haben und welche Teile sich stabiler verhalten haben. Ziel ist es, die Veränderungen des hochalpinen Wegenetzes in den vergangenen 60-80 Jahren in drei österreichischen Gebirgsregionen zu ermitteln. Dabei handelt es sich um die Glocknergruppe und die Venedigergruppe in den Hohen Tauern sowie den Weißkamm in den Öztaler Alpen.

2 Methodik und Daten

Als Datenbasis dienten historische Ausgaben der jeweiligen Alpenvereinskarten (1:25.000), bei denen es sich um die qualitativ hochwertigsten und wichtigsten Wanderkarten dieser Gebiete handelt. Drei Kartenblätter wurden analysiert: Glockner- und Venedigergruppe sind auf je einem Kartenblatt erfasst, in den Öztaler Alpen wurde das Blatt Weißkugel untersucht, das den größten Teil des Weißkamms abdeckt (vgl. Tabelle 1). Die ältesten Ausgaben sind in den drei Regionen 1928, 1938 bzw. 1951 erschienen. Ab den 1950er-Jahren liegen Neuausgaben der Karten meist im Abstand von 10 bis 15 Jahren vor. In allen Gebieten wurden die neueste und die älteste Kartenausgabe, sowie drei bis vier weitere Ausgaben gescannt und georeferenziert. Anschließend wurde das eingezeichnete Wegenetz (d.h. alle eingezeichneten Routen, Wege und Straßen) aus sämtlichen Kartenausgaben in ESRI ArcGIS 9.2 digitalisiert. Das Untersuchungsgebiet beschränkt sich dabei auf die Bereiche über 2000 m Höhe, weil im Zentrum des Interesses Veränderungen im Zusammenhang mit dem Gletscherrückgang stehen.

Die geometrischen Unterschiede der eingezeichneten Wegenetze wurden mittels Geoverarbeitung analysiert. Aufgrund von Falz, Verzerrungen des Papiers und Ungenauigkeiten bei älteren Kartenausgaben kann die räumliche Lage identischer Wege in verschiedenen Ausgaben geringfügig voneinander abweichen. Deshalb musste dabei ein gewisser räumlicher Spielraum berücksichtigt werden. Ein Vergleich der digitalisierten Karten zeigte, dass die aus diesen Fehlern resultierenden Unterschiede meist unter 1 mm liegen, was 25 m entspricht. Zur Analyse der Unterschiede zwischen den Kartenausgaben wurden daher nicht die als Polylinien digitalisierten Wege direkt miteinander verschnitten, sondern in einer der beiden zu vergleichenden Kartenausgaben ein Puffer von 25 m um die Wege gelegt. Anschließend wurde mit den Geoverarbeitungstools *clip* (ArcToolbox) sowie *erase* (ET Geo-Wizards 9.8) ermittelt, welche Wege zwischen den zwei Kartenausgaben neu eingezeichnet oder herausgenommen wurden bzw. unverändert geblieben sind. Das Tool *clip* extrahiert dabei die Wege, die innerhalb des Puffers liegen, *erase* diejenigen außerhalb. Das folgende Beispiel verdeutlicht diese Arbeitsschritte zwischen den Kartenausgaben 1928 und 1953:

- Wegenetz_1928 [clip] Wegenetz_1953_Puffer = unveränderte Wege
- Wegenetz_1928 [erase] Wegenetz_1953_Puffer = nicht mehr vorhandene Wege
- Wegenetz_1953 [erase] Wegenetz_1928_Puffer = neue Wege

Das Datenmodell folgt damit der Idee des *snapshot model* (ARMSTRONG 1988), bei dem Veränderungen über die Zeit in Form einzelner Layer erfasst werden, die den jeweiligen Zustand wie Schnappschüsse wiedergeben.

Tabelle 1: Untersuchte Gebiete und verwendete Kartenausgaben

	Glocknergruppe	Venedigergruppe	Weißkugel
Verwendete Kartenausgaben	1928, 1953, 1969, 1982, 1992, 2006	1938, 1980, 1988, 1998, 2007	1951, 1962, 1980, 1993, 2003
Größe des untersuchten Gebiets (über 2000 m)	233,4 km ²	382,7 km ²	334,2 km ²
Länge des Wegenetzes	265,8 km	336,5 km	409,7 km

Danach wurden die digitalisierten Wegenetze sowie die nicht mehr vorhandenen und die unverändert gebliebenen Wege mittels *intersect* (ArcToolbox) mit den in Tabelle 2 angegebenen Geländedaten verschnitten um die angeführten Hypothesen zu überprüfen. Neben den Karten standen ein digitales Höhenmodell des Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen (Rasterweite 10m), sowie für einen Teil der Untersuchungsgebiete die Biotoptypenkartierung aus dem Projekt HABITALP zur Verfügung (LOTZ 2006). Als Ergänzung zu den Geodaten dienten Feldkartierungen ausgewählter Stellen des Wegenetzes und qualitative Interviews mit lokalen Akteurinnen und Akteuren (z.B. Wegewartinnen und Wegewarte) sowie einem Kartographen des Österreichischen Alpenvereins.

Tabelle 2: Geländeparameter und Hypothesen über die Dauerhaftigkeit der Wege

Geländeparameter	Hypothese
Wegkategorien	Gletscherrouten und Steigspuren sind weniger dauerhaft als andere Wegkategorien.
Höhenverteilung	Hoch gelegene Wege sind weniger dauerhaft als tief gelegene
Hangneigung	Wege in steilen Bereichen sind weniger dauerhaft als Wege in flachen Bereichen
Biotoptypen	Wege in Schutt, Fels und Pioniervegetation sind weniger stabil als solche auf alpinen Rasen und Weiden

3 Ergebnisse

Der Aufbau des hochalpinen Wegenetzes erfolgte großteils bereits vor dem Beobachtungszeitraum gegen Ende des 19. Jh. und Anfang des 20. Jh. und konnte daher mit dem vorhandenen Kartenmaterial nicht vollständig rekonstruiert werden. Die Anzahl der eingezeichneten Routen und Wege hat im beobachteten Zeitraum in allen drei Gebieten deutlich zugenommen, beispielsweise in der Glocknergruppe von 188,8 km (1928) auf 265,8 km (2006, vgl. Abb. 1). Dabei muss allerdings beachtet werden, dass diese Zunahme vor allem auf größere Anteile von Straßen, Fahrwegen sowie Steigspuren zurückzuführen ist. Die Länge der Bergwege im engeren Sinn, die in den Karten als Steige und Fußwege eingetragen sind, ist hingegen etwa gleich geblieben. In der Glocknergruppe war sie zwischenzeitlich sogar etwas höher als heute. Je nach Intensität der Überarbeitung hat sich zwischen zwei aufeinander folgenden Kartenausgaben maximal ein Drittel der eingezeichneten Wege geändert, meist jedoch deutlich weniger (vgl. Abb. 2). Im Fall der Glocknergruppe blieb mehr als ein Drittel aller Wege (100,3 km) über den gesamten Untersuchungszeitraum räumlich unverändert, von den Steigen und Fußwegen sogar die Hälfte (68 km von 146,1 km).

Die Hypothesen im Zusammenhang mit den Geländeparametern wurden nicht bestätigt: Bei den Abfragen war nur ein schwacher oder gar kein Zusammenhang zwischen der Dauerhaftigkeit der Wege und ihrer Verteilung auf Höhe, Hangneigung und Biototyp erkennbar. Die Verteilung auf Biotoptypen lieferte dabei noch das beste Ergebnis. Abbildung 3 zeigt, dass beispielsweise der Anteil an Fels- und Schuttbereichen bei Wegen, die nie verändert wurden, etwas kleiner ist, als bei Wegen die im Lauf des Untersuchungszeitraumes aus den Karten verschwanden. Die Untersuchung der Dauerhaftigkeit der Wege in Abhängigkeit

von der Wegkategorie lieferte hingegen eindeutige Ergebnisse und bestätigte die Hypothese, dass Gletscherrouten und Steigspuren die am wenigsten dauerhaften Wegkategorien darstellen (vgl. Abb. 4).

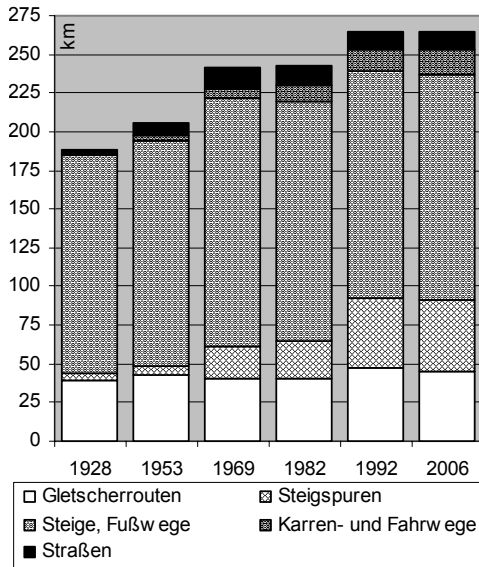


Abb. 1: Anteil verschiedener Wegkategorien am Gesamtwegenetz (Glocknergruppe)

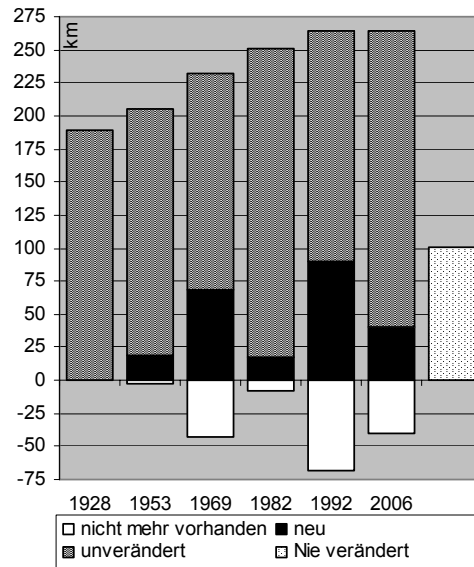


Abb. 2: Anteil der Veränderungen am Wegenetz (Glocknergruppe)

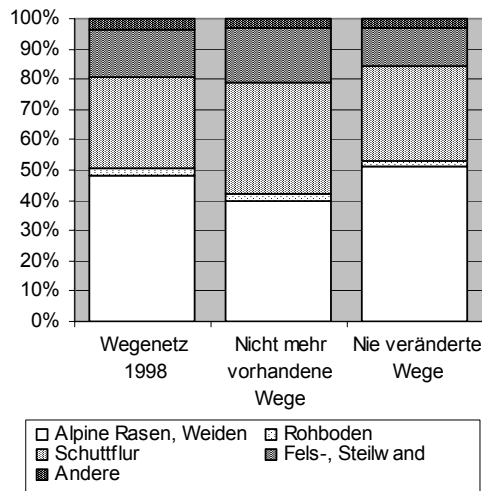


Abb. 3: Aufteilung auf Biotoptypen (Venedigergruppe, nur Fußwege, Steige)

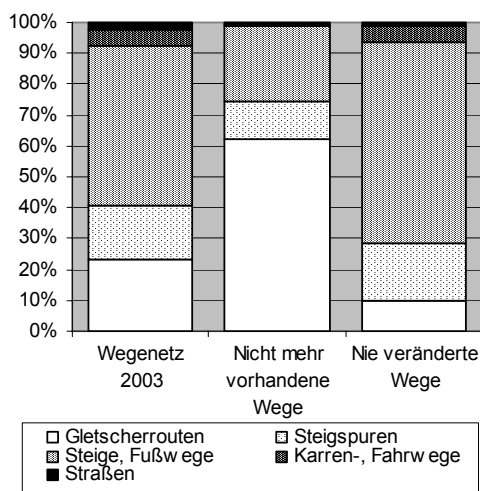


Abb. 4: Aufteilung auf Wegkategorien (Weißkugel)

4 Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass das hochalpine Wegenetz nur zu bestimmten Teilen und in bestimmten Bereichen eine hohe Veränderungsdynamik besitzt, ansonsten aber ein eher stabiles System ist. Dabei ist es entscheidend, die verschiedenen Wegkategorien unterschiedlich zu interpretieren. Besonders Fußwege und Steige, also Bergwege im engeren Sinn, verhalten sich in allen drei Gebieten sehr stabil. Während die Anzahl dieser Bergwege in den Untersuchungsgebieten in den letzten 50 bis 80 Jahren wenig oder gar nicht zugenommen hat, ist die Anzahl von Fahrwegen und Straßen im Hochgebirge deutlich gestiegen. Gletscherrouen und Steigspuren haben sich zwischen den Kartenausgaben häufig verändert. Diese Änderungen sind jedoch nicht als Wegverlegungen im engeren Sinn zu werten, da es sich dabei nicht um gewartete Infrastruktur handelt. Die eingezeichneten Gletscherrouen und Steigspuren stellen lediglich Hinweise für Bergsteigerinnen und Bergsteiger dar. Besondere Bedeutung kommt den sich stark verändernden Zustiegen zu den Gletschern zu: In den rasch ausapernden Gletschervorfeldern ist der Untergrund meist zu instabil um echte Wege anzulegen. Außerdem fehlen den Alpinen Vereinen die Kapazitäten, um in diesem sich rasch ändernden Gelände alle paar Jahre neue Wege zu errichten. Hier finden aktuell die stärksten Veränderungen des Wegenetzes statt, auch wenn kaum Bergwege im engeren Sinn davon betroffen sind. Das bestätigte auch ein Kartograph des Österreichischen Alpenvereins im Zusammenhang mit einer aktuellen Geländebegehung für eine Kartenüberarbeitung: Während es bei den Hüttenzustiegen und Wanderwegen zwischen den Hütten kaum Abweichungen gegeben hat, haben sich seit der letzten Kartenausgabe die meisten Gletscherzustiege deutlich geändert.

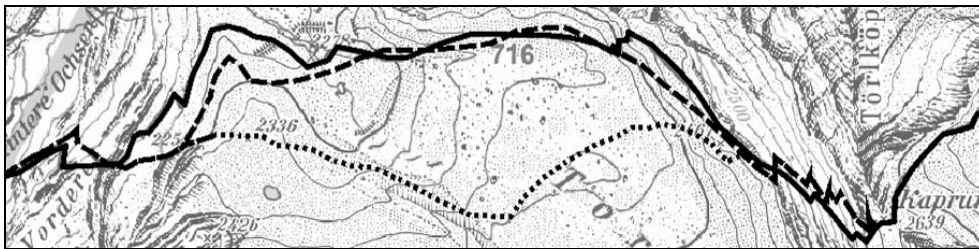


Abb. 5: Beispiel für historische und aktuelle Wegverläufe im Bereich des Torkeeses: 1953 (punktirt), 1982 (liniert) und 2006 (durchgezogen) (Hintergrund Alpenvereinskarte Glocknergruppe, 9. Ausgabe, 2006)

Ein Screening der analysierten Veränderungen nach ihrer Lage auf den Karten zeigte, dass neben dem Umfeld von Gletschern die häufigsten Wegverlegungen in der Nähe von Hütten und neu errichteter Infrastruktur stattgefunden haben. In der Glocknergruppe handelt es sich dabei beispielsweise um die Großglockner-Hochalpenstraße und die Speicherstauseen der Kraftwerksgruppe Kaprun, die das Wegenetz lokal wesentlich verändert haben. Wesentliche Veränderungen des Wegenetzes dürften also großteils entweder auf Veränderungen der umliegenden Infrastruktur oder auf naturräumliche Veränderungen in Folge des Gletscherrückgangs zurückzuführen sein. Obwohl es in Zusammenhang mit den Anpassungen in der Vergangenheit lokal zu starken Veränderungen kam, dürfte sich die Topologie des Wegenetzes nicht grundsätzlich verändert haben, was hier jedoch nicht näher untersucht wurde.

Aufgrund der Datenbasis in Form der historischen Karten sind die Möglichkeiten der hier angewandten Analysen beschränkt. Die Recherche einzelner Fallbeispiele zeigte, dass die in der Karte eingezeichneten Veränderungen nicht eins zu eins in die Realität übertragen werden können. In einigen Fällen überschätzte die Analyse die Veränderungen, was vor allem auf lokal starke Verzerrungen durch Falz bei einigen alten Kartenausgaben zurückzuführen ist, die durch die Georeferenzierung nur teilweise ausgeglichen werden konnten. Andererseits wurden die Veränderungen der Wege auch unterschätzt, da kleinräumige Verlegungen unter 25 m mit der hier angewandten Methode nicht erfasst wurden. Gerade diese kleinräumigen Veränderungen sind aber im Fall von Fußwegen und Steigen besonders relevant, weil bei Beschädigungen die Wege meist an derselben Stelle oder nur mit geringfügig verändertem Verlauf wieder errichtet werden. Wenn ein Weg über mehrere Kartenausgaben hinweg dauerhaft eingezeichnet ist, sagt das insofern wenig über den Arbeitsaufwand zu seiner Erhaltung, bzw. über die Stabilität des Untergrundes aus.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die analysierten Veränderungen auf der Karte zwar nicht in jedem Fall identisch mit den Veränderungen in der Realität sind, regional aufsummiert aber sehr wohl als Indikator für Veränderungen in bestimmten Bereichen dienen können. Die Karten liefern eine gute Datenbasis für die Analyse der generellen Wegenetzentwicklung in den Untersuchungsgebieten, sind aber weniger zur Detailanalyse an einzelnen Stellen geeignet.

Danksagung

Wir danken dem Österreichischen Alpenverein, dem Nationalpark Hohe Tauern sowie den Ländern Salzburg und Tirol für die Bereitstellung der historischen Karten und der Geländedaten. Die Untersuchung erfolgte im Rahmen des Doktoratskollegs Nachhaltige Entwicklung (dokNE) an der Universität für Bodenkultur Wien, finanziert von: Forschungsprogramm proVISION des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung (BMWF); Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW); Land Niederösterreich; Land Steiermark; Stadt Wien; Universität für Bodenkultur (BOKU).

Literatur

- ARMSTRONG, M. P. (1988): Temporality in spatial databases. *Proc. GIS/LIS'88*, 2, S. 880-889.
- BEHM, M., RAFFEINER, G. & SCHÖNER, W. (2006): Auswirkungen der Klima- und Gletscheränderung auf den Alpinismus. Umweltdachverband, Wien.
- LIEB, G. K. (2007): Vom Klimawandel beeinflusste Naturprozesse im Hochgebirge als potenzielle Gefahren für Freizeitaktivitäten. In: WOHLSCHLÄGL, H. (Hrsg.): *Geographischer Jahresbericht aus Österreich 62/63*. Wien, S. 79-94.
- LOTZ, A. (2006): *Alpine Habitat Diversity – HABITALP Project Report 2002-2006*. Nationalparkverwaltung Berchtesgaden.
- SCHWÖRER, D.-A. (2002): Klimaänderung und Alpinismus – Überlegungen zur Veränderung der alpinen Naturlandschaft aufgrund der globalen Erwärmung. *bergundsteigen* 2/2002, S. 18-21.