

# Solifluktsdecken im Schweizerischen Nationalpark und ihre Beziehungen zur postglazialen Landschaftsentwicklung

Fritz Bachmann und Gerhard Furrer

*Geographisches Institut der Universität Zürich*

Hart an der Südgrenze des Schweizerischen Nationalparks erhebt sich, in direkter Linie knappe 3 km WSW von Stradin, dem Wegerhaus an der Ofenpaßstraße, die Höhenkuppe des Munt Chavagl auf 2542 m ü. M. (Landeskarte der Schweiz 1 : 25 000, Blatt 1239, Santa Maria). Daß diese Aufragung zum Objekt eingehender geomorphologischer Untersuchungen ausgewählt worden ist, hängt mit der Solifluktsdecke zusammen, die deren süd- bis ostexponierte Flanken überzieht. In den oberen Hangpartien prägen sich zwar keine eigentlichen Formen aus. Die Fließerdedecke, welche unbestimmt im Bereich der Gipfelkuppe ansetzt, weist, soweit Material solifluidal abfließt – also im «Erosionsbereich» –, keine Gliederung auf. In den unteren Hangpartien aber und am Hangfuß – also im «Akkumulationsbereich», wo die zufließenden Massen zur Ablagerung gelangen – erscheint die Fließerdedecke in charakteristischer Weise ausgefranst. Ihre zungenförmigen Ausläufer, die sich über einige Meter bis mehrere Dekameter erstrecken, wurden von Furrer (1954) erstmals beschrieben und dabei als Erdströme bezeichnet.

Die mehr oder weniger flachen, gelegentlich auch leicht aufgewölbten Erdstromrücken sind im allgemeinen von parallel zueinander verlaufenden Steilrändern flankiert, die markant nach außen abfallen. Die Stirnregionen sind ebenfalls so umrahmt, etwa kniehoch gegenüber der Umgebung abgesetzt. Die randlichen Bereiche der Erdströme zeichnen sich durch geschlossenen Vegetationsbewuchs aus, während auf den Erdstromrücken nur größere oder kleinere bewachsene Inseln festzustellen sind.

Was nun in geomorphologischer Hinsicht besonderes Interesse erweckt, ist das äußere Erscheinungsbild der sich hangabwärts auflösenden Solifluktsdecke. Die einzelnen Erdströme präsentieren sich nicht als einfache, sondern als erkennbar gegliederte Formen. Die meisten bestehen aus Teilströmen, die übereinander geflossen sind. Einem jeweils tiefer liegenden Teilstrom, der sich meist auch weiter hangabwärts erstreckt, darf ohne Vorbehalt ein höheres Alter zugesprochen werden als jenem, der ihm aufliegt und in der Regel weiter hangaufwärts endet. Gleichaltrige Teilströme lassen sich in Formeinheiten zusammenfassen. In der Übersichtsaufnahme der von Erdströmen überflossenen Hangpartie ist dies angedeutet (Abb. 1). Mit etwelcher Sicherheit können im oberflächlichen Er-

scheinungsbild drei Erdstrom-Generationen gegeneinander abgegrenzt werden. Jede davon gehört einer Solifluktsdecke an, von der jedenfalls ihre zungenförmigen Ausläufer erhalten geblieben sind. Somit widerspiegelt sich in ihren «korrelaten Ablagerungen», den Erdströmen, eine Folge von verschiedenen nacheinander entstandenen Solifluktsdecken, bzw. eine Folge von verschiedenen Solifluktsphasen.

An diese Beobachtungen knüpft sich folgende Frage: Sind die verschiedenaltigen Erdstromzungen Ausdruck einer einzigen ununterbrochenen Solifluktsphase, während der die Fließbewegungen vielleicht episodisch stärkere Entfaltung erlangten, oder handelt es sich um verschiedene Solifluktsphasen, welche durch Zäsuren im Ablauf der Fließbewegungen voneinander getrennt werden?

Die Profilaufnahme, für die ein Sondiergraben geöffnet und bis ins Liegende des untersuchten Erdstroms getrieben wurde, vermochte eine deutliche Antwort zu geben. Es zeigte sich zunächst, daß der Solifluktschutt, aus dem die Erdströme bestehen, einem dicht gepackten Steinbett mit zähem, lehmigem Zwischenmaterial aufliegt, das als Moräne gedeutet werden kann. Im Liegenden des Erdstroms und auch in seinen basalen Horizonten (siehe unten) finden sich Trümmer von Verrucano und Buntsandstein. Im Untersuchungsgebiet steht jedoch Zellendolomit an. Somit können diese nicht zum engeren petrographischen Milieu gehörenden Komponenten nur durch Gletschertransport eingeschleppt worden sein, und zwar aller Voraussicht nach aus dem Gebiet des Piz Turettas. Auf dieses Herkunftsgebiet deutet auch der situmetrische Befund, d. h. die Einregelung der Längsachsen gestreckter Steine, welche den Schluß auf die mutmaßliche Fließrichtung des Eises erlaubt.

Aus dem Vertikalschnitt durch den Erdstrom erhellt, daß die gesamte Solifluktsdecke aus fünf übereinander liegenden Teildecken besteht, deutlich voneinander abgrenzbaren Solifluktsmassen, die von unten nach oben als S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub> und S<sub>5</sub> bezeichnet worden sind (Abb. 2). Es sind also mehr solche vorhanden, als sich, wie oben erwähnt, im äußeren Erscheinungsbild als Erdstromgenerationen zu erkennen gegeben haben. Die einzelnen Solifluktsmassen sind durch schwächliche (meist < 1 cm mächtige), braungefärbte Horizonte voneinander getrennt.



Abbildung 1. Gesamtansicht des Munt Chavagl (2541 m, Koordinaten 814.000/169.675). Die untern Hangpartien erhalten ihr morphologisches Gepräge durch die Erdströme (zungenförmige Ausläufer der Soliflukationsdecke, die den Hang überzieht). Diese sind teilweise auch in den verflachten Hangfußbereich vorgestoßen (z. B. rechte untere Bildecke). Die einzelnen Erdströme heben sich durch ihre Steilränder deutlich gegeneinander ab. Ältere sind von jüngern überflossen worden. Durch Verbindung der Seiten- und Stirnbegrenzungen lassen sich gleichaltrige Einzelformen zu Soliflukations-Teildecken (Erdstromgenerationen) zusammenfassen

Die graugefärbten Soliflukationsmassen ( $S_1$  bis  $S_5$ ) zeichnen sich durch einen hohen Anteil von Skelettmaterial aus ( $> 2$  mm). In der Korngrößenzusammensetzung ihrer Feinerde ( $< 2$  mm) herrscht die Silt-(=Schluff-)Fraktion (2–60  $\mu$ m) durchwegs vor. Nach Fließ- und Ausrollgrenze (bestimmt gemäß Atterberg) beurteilt, geht das untersuchte Material schon bei geringfügigem Wassergehalt in den fließfähigen Zustand über, und der Plastizitätsbereich ist im allgemeinen recht eng. Morphometrische Untersuchungen ergaben eine mehr oder weniger ausgeprägte Kantenrundung bei den größeren Komponenten des Detritus. Die erwähnten Merkmale genügen bereits, um das vorliegende Material als Soliflukationsschutt zu kennzeichnen. Die Bewegungsvorgänge selbst haben sich jedoch auch unmittelbar ausgeprägt, nämlich in der soliflukationstypischen Einregelung. Bezüglich der Falllinie als Leitrichtung

weichen die Längsachsen der in die Messungen einbezogenen Komponenten beidseits zum überwiegenden Teil weniger als um  $30^\circ$  ab, und deren prozentuale Anteile verringern sich in dem Maße, wie die Abweichung größer wird. Im Sitogramm prägt sich also das Soliflukationsmerkmal  $I > II > III$  durchwegs mehr oder weniger deutlich aus (Furrer und Bachmann, 1968).

Daß die durch braune Horizonte voneinander getrennten Soliflukationsmassen  $S_1$  bis  $S_5$  als selbständige (Soliflukations-)Teildecken aufgefaßt werden können, geht aus einer sich in jeder Einheit wiederholenden, charakteristischen Änderung im situmetrischen Befund hervor: In den basalen Bereichen, bei  $S_2$  bis  $S_5$  über den jeweiligen Trennhorizonten und bei  $S_1$  über der liegenden Moräne also, hat das Bodenfließen sich weniger deutlich abgezeichnet als in den höheren Horizonten. Innerhalb jeder einzel-

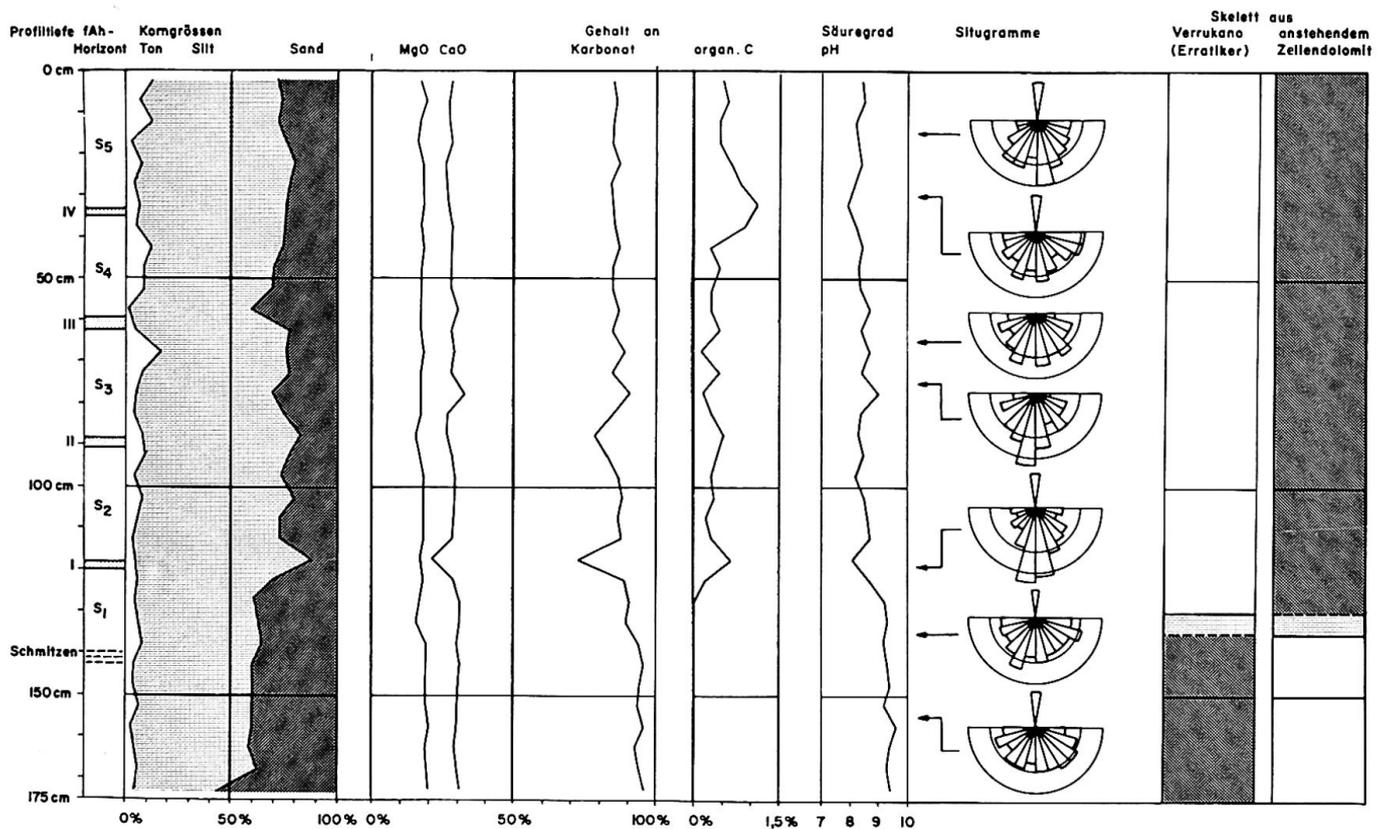


Abbildung 2. Profil durch einen Erdstrom am Munt Chavagl: Zusammenfassung der quantitativen Untersuchungsergebnisse. Aus der Kolonne links außen geht die vertikale Gliederung der Form in Solifluktuations-Teildecken und fAh-Horizonte hervor (deren unterster nur noch in Schmitzen erhalten). Nach rechts schließt sich eine Übersicht über die Korngrößenzusammensetzung an, aufgliedert in Ton- (2 mü), Silt- oder Schluff- (2–60 mü) und Sandfraktion (60 mü). Weiter rechts sind zuerst der Karbonatgehalt und dann der Gehalt an organischem Kohlenstoff vermerkt sowie der Säuregrad (pH-Wert). Die Sitogramme in der dritten Kolonne von rechts, bei denen die Pfeilspitze auf die jeweilige Aufnahmetiefe weist, zeigen einmal, wie sich der Einregelungscharakter in der liegenden Moräne (unterstes Sitogramm) von jenem der Fließerde (übrige Sitogramme) unterscheidet. Es kommt sodann zum Ausdruck, daß innerhalb der gleichen Solifluktuations-Teildecke in den basalen Bereichen das Solifluktuations-Sitogramm weniger ausgeprägt erscheint als in den höher liegenden. Die beiden Kolonnen rechts außen geben an, wie einerseits Erratika und andererseits anstehender Zellendolomit am Aufbau der Form beteiligt sind, wobei die locker punktierten Flächen zeigen, wo die Fließerde aus solifluidal umgelagertem Moränenmaterial besteht

nen Solifluktuationsmasse erscheinen die aufgenommenen Sitogramme unten eher verwischt, weiter oben aber in zunehmender Eindeutigkeit. Dieser Umstand führt zu folgendem Schluß: Offenbar sind bei der Bildung einer Erdstromgeneration anfänglich die Fließbewegungen wenig wirksam gewesen. Erst nach und nach haben sie ihre volle Entfaltung erlangt. Dann aber kamen sie wohl zum Stillstand und setzten bei der Bildung der nächsthöheren Erdstromgeneration wiederum zunächst wenig prägnant ein.

Nachdem der Nachweis erbracht worden ist, daß die einzelnen Erdstromgenerationen die Ablagerungen von deutlich gegeneinander abgrenzbaren Fließphasen darstellen, bleibt nur noch die Frage nach den Zwischenphasen offen. Handelt es sich bei den Zäsuren nur um kurzfristige Solifluktuationsunterbrüche oder aber um länger währende, eigentliche

Ruhephasen ohne Bodenfließen? Der Schlüssel zur Abklärung liegt nun in den braunen Trennhorizonten.

Von den vier erwähnten fAh-Horizonten ziehen fAh I, fAh II und fAh IV im Aufschluß als dünne Bänder mehr oder weniger durch. Hingegen präsentiert sich fAh III in Form von mehreren teilweise nur noch Millimeter mächtigen humosen Horizonten, zwischen denen feine Lamellen von humusfreiem Material eingeschaltet liegen. Wir bezeichnen diese Ablagerung daher zutreffender als einen Komplex von verschiedenen Horizonten. Damit ist aber nicht alles humose Material erfaßt, denn auch zwischen der liegenden Moräne und der ältesten Solifluktuationsmasse S<sub>1</sub> lassen sich Spuren davon erkennen, allerdings nicht mehr als Horizonte ausgebildet, sondern als Schmitzen.

Aus den bodenkundlichen Untersuchungsergebnis-

sen geht einwandfrei hervor, daß es sich bei diesen Zwischenlagen um Bodenhorizonte, und zwar um die A-Horizonte von Protorendzinen handelt. Wie der Verlauf der entsprechenden Kurven in Abbildung 2 zeigt, sinkt im Bereich der einzelnen Bodenhorizonte der Karbonatgehalt ab, während der Gehalt an organischem Kohlenstoff eine Zunahme erkennen läßt. Wir dürfen also ohne Vorbehalt die braunen Horizonte als fAh-Horizonte, d. h. als fossile (weil nur noch durch Ausgrabung zugängliche) humose A-Horizonte bezeichnen. Wenn so auch eine Bodenbildungsphase belegt werden kann, ist damit aber noch nicht entschieden, ob die Bodenbildung in einer fließfreien Phase vor sich gegangen sei. Humoses Material könnte beispielsweise auch solifluidal von höherliegenden Hangpartien her zugeführt und im Akkumulationsbereich der Solifluktdcke angereichert worden sein.

Die strukturelle Untersuchung des Horizonts an Dünnschliffen vermochte hier Klarheit zu schaffen: Die Verteilung des Humus im gut gekrümelten Material erweist sich als sehr gleichmäßig, und Fließstrukturen sind keine zu beobachten. Somit darf als sicher gelten, daß die Bodenbildung in situ erfolgte, wofür auch der jeweilige Abfall des pH-Wertes im Bereich der braunen Horizonte spricht. Schließlich deutet ebenfalls der Umstand, daß unter den überflossenen A-Horizonten ausgesprochene Cc-Horizonte zur Ausbildung gelangt sind, darauf hin, daß nach der Bodenbildung im Bereich dieser Horizonte keinerlei nennenswerte Verlagerungen mehr stattgefunden haben können.

Die vorliegenden Ergebnisse führen zum Schluß, daß die vier fAh-Horizonte länger währende Ruhephasen bezeugen, während denen unter einem Klimaregime mit höheren Mitteltemperaturen, als sie heute in dieser Höhenlage auftreten, die Solifluktion völlig zum Erliegen kam. Die stillgelegten Solifluktdcken konnten sich dabei mit geschlossener Vegetation überziehen. Die Analyse einer dem fAh-Horizont I entnommenen Pollenprobe (vorgenommen durch Vera Markgraf, Bern) ergab bei der Auszählung ein Verhältnis von 25% Baumpollen zu 75% Nichtbaumpollen. Bei den Baumpollen herrschen *Alnus* und *Betula* vor, bei den Nichtbaumpollen sind vor allem *Compositae liguliflorae* (z. B. Löwenzahn), *Gramineen* und *Cyperaceen* vertreten. Die Botanikerin bemerkt dazu, daß die Pollenzusammensetzung auf dichten alpinen Rasen hindeutet. Birken und Erlen bilden keinen eigentlichen Wald. Die Pollen müssen wohl aus nicht allzuweit entfernten, feuchten Rinnen eingeweht worden sein. Im ganzen gesehen bestand also um etwa 4850 v. Chr. ( $C_{14}$ -Datierung von fAh I:  $6850 \pm 75$  Jahre vor Gegenwart) eine ähnliche Vegetation, wie wir sie heute in gleicher Höhenlage antreffen. Bei solchem Vegetationsschluß darf ein

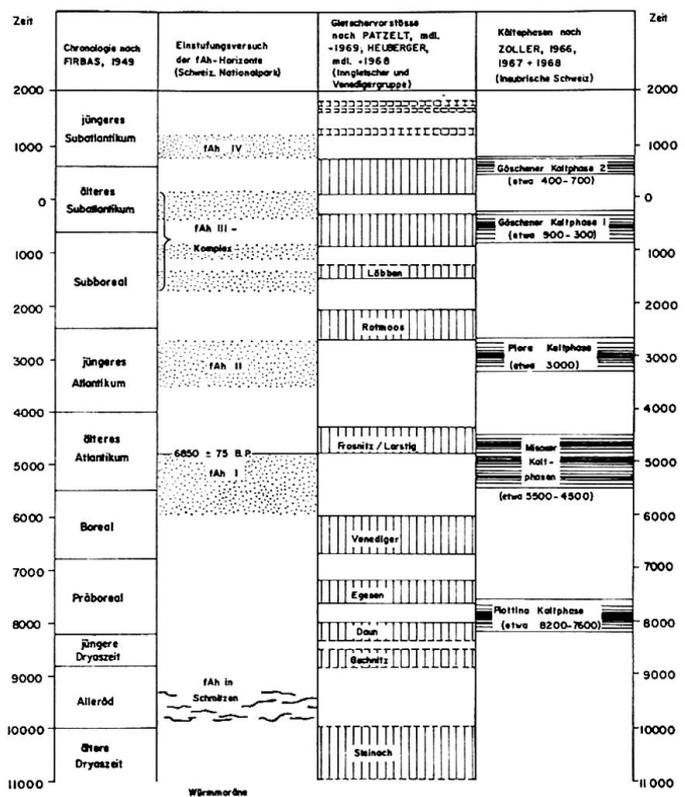


Abbildung 3. *Einstufungsversuch der Teilelemente des Erdstroms am Munt Chavagl* in die postglaziale Chronologie im Vergleich mit den postglazialen Gletschervorstößen in den östlichen Alpen und den Kältephasen, die für die insubrische Schweiz Geltung haben

Bodenfließen mit großer Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Somit darf als belegt gelten, daß die fossilen Bodenhorizonte während Stillstandsphasen der Solifluktion zur Ausbildung gelangten, die lange genug währten, um ungestörte Ablagerungen organischen Materials zu ermöglichen. Dabei dürfte das Klima im Durchschnitt sogar wärmer gewesen sein als heute. Bewegungsmessungen haben nämlich ergeben, daß im gegenwärtigen Zeitpunkt noch nennenswerte Fließvorgänge ablaufen, an eine ungestörte Bodenbildung also nicht zu denken ist.

Aus dem vertikalen Aufbau des Erdstroms ist nunmehr dessen Genese rekapitulierbar: Dem Schwinden des Gletschers, welcher das liegende Moränenmaterial deponiert hatte, folgte zunächst eine Zeitperiode mit Bodenbildung. Sie ist durch Schmitzen und Pollenspuren in denselben belegt. Allerdings vermochte der vielleicht zu wenig mächtige oder zu wenig konsistente Bodenhorizont der nachfolgend einsetzenden ersten Solifluktdcke nicht standzuhalten. Er wurde ins Bodenfließen einbezogen und zerrissen. Ergebnis der ersten Bewegungsphase ist die Solifluktdckmasse  $S_1$ . Sie besteht, belegt durch Verrucano- und Buntsandsteinkomponenten, die als Erratika aus dem Gebiet des Piz Turettas zu ver-

stehen sind, vorwiegend aus umgelagertem, d. h. von den höheren Hangpartien in die untern Bereiche verfrachtetem Moränenmaterial. Die jüngeren Teilströme enthalten im Gegensatz dazu nur noch Skelettmaterial aus dem im Untersuchungsgebiet anstehenden Zellendolomit. Das zeigt, daß die Abtragung nach der Entfernung der Moränenüberdeckung ins örtlich Anstehende hinunter gegriffen hat. Der ersten Solifluktionsphase folgte nun eine Bodenbildungsphase, welche den ungestört über größere Flächen hinweg verfolgbaren fAh-Horizont I hinterlassen hat. Beim Einsetzen der zweiten Solifluktionsphase ergoß sich die Fließerde darüber, ohne Verlagerungen auf der vorherigen Oberfläche zu bewirken. In einer abermaligen Bodenbildungsphase entstand der Horizont, der durch fAh II belegt ist. Ihm überlagern sich die Fließerdemassen S<sub>3</sub> als Zeugen einer dritten Solifluktionsphase. Diesem Formelement liegt der fAh-Komplex III auf, gekennzeichnet durch die Wechsellagerung von humosen und humusfreien Horizonten. Offenbar weist diese Erscheinung auf wiederholten Wechsel von kurzen Solifluktions- und Bodenbildungsphasen hin. In einer erneuten anhaltenden Solifluktionsphase gelangte die Fließerdetaildecke S<sub>4</sub> zur Ablagerung, auf welcher sich nach dem Abflauen der Bewegungen ein vierter Bodenhorizont bilden konnte (fAh IV). Dieser wurde schließlich bei Beginn der jüngsten Fließphase von der Teildecke S<sub>5</sub> begraben, an deren Oberfläche heute noch Bewegungen im Gange sind.

In der Wechselfolge von Solifluktions-Teildecken und fossilen Bodenhorizonten widerspiegelt sich der wechselnde klimatische Einfluß auf die Entwicklung der Landschaftsformen. Die Form erlaubt also Rückschlüsse auf die Klimaverhältnisse während ihrer Genese: Die Solifluktions-Teildecken S<sub>1</sub> bis S<sub>5</sub> entsprechen kälteren und vor allem frostwechselfreieren Klimaphasen – im folgenden Kaltphasen genannt. Die tieferen Mitteltemperaturen bewirkten eine Depression der Schneegrenze und gleichzeitig auch der Solifluktionsuntergrenze. In wärmeren Klimaphasen – im folgenden Warmphasen genannt – hoben sich bei steigenden Mittelwerten der Temperatur Schneegrenze und Untergrenze der aktiven Solifluktion. Dabei kam das Untersuchungsgebiet tiefer als die jeweils entsprechende Solifluktionsstufe zu liegen, was während dieser Zeitspannen ungestörte Bodenbildung ermöglichte. Die fAh-Horizonte und vermutlich auch die humosen Schmitzen entsprechen solchen Warmphasen.

Der Korrelation zwischen Formbildungs- und Klimaphasen entspringt letztlich die Frage nach dem Alter der einzelnen Formelemente. Eine Datierung auf pollenanalytischer Grundlage erscheint vorderhand noch kaum möglich, da im Augenblick weder gesicherte Vergleichsprofile vorliegen noch brauchbare Verknüpfungen mit altersmäßig

hinreichend bekannten Formen vorgenommen werden können. Hingegen eröffnet sich ein anderer Weg. Die klimabedingte Wechselphasigkeit im Aufbau der Solifluktionsdecke am Munt Chavagl läßt sich mit andern, ebenfalls klimabedingten Erscheinungen korrelieren, nämlich mit postglazialen Schwankungen der Gletscherstände. Diese stehen in unmittelbarer Beziehung zu positiven und negativen Verschiebungen der Schneegrenze (Heuberger, 1968; Bortenschlager und Patzelt, 1969). Auch die auf paläobotanischer Grundlage erarbeiteten Verschiebungen der Waldgrenze (Zoller, 1966 und 1968) bieten eine adäquate Vergleichsbasis. Der so in Abbildung 3 dargestellte Einstufungsversuch soll abschließend erläutert werden:

Die Feststellung, daß die älteste Solifluktions-Teildecke (S<sub>1</sub>) sich auf die liegende Moräne vorgeschoben hat, fixiert den Zeitpunkt der hier behandelten Formbildung. Erst nach dem Abschmelzen der Eismassen konnten sich solifluidale Vorgänge morphologisch manifestieren. Aufgrund der Moränensituation in der näheren Umgebung darf von der Annahme ausgegangen werden, das Untersuchungsgebiet sei im Spätglazial bereits eisfrei gewesen (Boesch, 1937). Eine spätere Lokalvergletscherung kann mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Auch wenn für die jüngsten Stadiale noch beträchtliche Schneegrenzdepressionen berücksichtigt würden, wären im isoliert aufragenden Untersuchungsgebiet nicht einmal mehr die Gipfelpartien in den Bereich der nivalen Höhenstufe gelangt. Theoretisch könnte also die Bildung der Erdströme bereits im Spätglazial eingesetzt haben.

Der pollenführende «Schmitzenhorizont» auf der Moränenoberfläche jedoch, welcher zu Beginn der ersten Solifluktionsphase gekappt, zerrissen und verlagert wurde, spricht gegen einen zeitlich so weit zurückliegenden Beginn des Formbildungsprozesses. Vielmehr mußte eine länger währende Warmphase zunächst Pflanzenwuchs und Akkumulation von humosem Material begünstigt haben. Tatsächlich ergibt sich für die erste Solifluktionsphase eine Kombinationsmöglichkeit. Schlusche (unveröffentlicht) glaubt im Unterengadin eine Periode intensiven Bodenfließens nachweisen zu können, die er der Zeit nach dem Daun-Stadial zuordnet. Würde diese Datierung für S<sub>1</sub> übernommen, dürfte der in Schmitzen aufgelöste Bodenhorizont eine Bildung des Alleröd repräsentieren, denn kaum eine andere der älteren Zeitepochen hätte hinreichende klimatische Voraussetzungen für die Bildung einer wahrscheinlich weitgehend geschlossenen Vegetationsdecke geboten. Allerdings muß der Vorbehalt angebracht werden, daß für eine Einstufung ins Alleröd als pollenanalytisch definiertem Zeitabschnitt ein pollenanalytischer Beweis nicht erbracht werden kann.

Für den fAh-Horizont I hingegen liegt eine  $C_{14}$ -Datierung vor, die dessen Alter mit  $6850 \pm 75$  Jahren vor Gegenwart angibt, wobei aber zu beachten ist, daß die Akkumulation von organischem Material sicher wesentlich früher begonnen hat. Setzt man aber das ermittelte Alter ein, so fällt die mutmaßliche Bildung des Bodenhorizontes zwischen zwei in den Ostalpen untersuchte Vorstoßphasen, nämlich die Venediger und die Frosnitz/Larstig. Wie weit die von Zoller (1968) für den Zeitraum von 5500–4500 v. Chr. erwähnten Misoxer Kaltphasen mit ihren Waldgrenzdepressionen Bodenbildung und Solifluktion im engeren Untersuchungsgebiet zu beeinflussen vermochten, muß vorderhand noch offen bleiben. Zwangsläufig deckt sich indessen der Nachweis starker Solifluktion in den östlichen Alpen um 6250 vor Gegenwart (Patzelt, mdl. Mitt.) mit dem Alter der Solifluktionsmasse  $S_2$ , die den Horizont I (fAh I) überflossen hat. Die Warmphase, belegt durch den fAh-Horizont II, welche dieser Solifluktionsphase folgte, fällt aller Wahrscheinlichkeit nach in die Zeit zwischen Frosnitz/Larstig- und Rotmoos-Vorstoss, bzw. zwischen Misoxer und Piora-Kaltphasen, also ins jüngere Atlantikum. Unsicher bleibt vorderhand die Einstufung von fAh-Komplex III, der theoretisch zwischen Subboreal und älterem Subatlantikum zur Ausbildung gelangt sein könnte. In Anbetracht der mehrfachen Folge von humosen Horizonten mit zwischengeschalteten Lagen von mineralischem Material darf wohl eine ausgesprochen lange Bildungszeit angenommen werden, während der die klimatischen Verhältnisse offenbar wiederholten Schwankungen unterworfen waren. Der fAh-Horizont IV entstand unseres Erachtens vor dem subrezenten Gletschervorstoß, denn die jüngste Fließphase  $S_5$  steht aller Wahrscheinlichkeit nach im Zusammenhang mit den Gletscherhochständen zwischen dem 16. und 19. Jahrhundert n. Chr. Auch Ackermann (1955) hält fest, daß nach bisherigen Befunden alle jüngeren Fließberdedecken im alpinen Bereich zwischen 1550 und 1850 entstanden seien. Die erhöhte Solifluktionsaktivität dürfte nach Flohn (1952) während dieser Zeitspanne durch kalte, niederschlagsreiche Winter und kühle, nasse Sommer bedingt gewesen sein.

Wenn nun auch der Einstufungsversuch das gesteckte Ziel, nämlich das absolute Alter der Formbildungsphasen festzulegen, noch nicht durchwegs befriedigend zu erreichen vermag, so kommt seiner Darlegung doch grundsätzliche Bedeutung zu. Fossile Bodenhorizonte von der Art der beschriebenen erhalten im Hinblick auf die Erfassung der postglazialen Landschaftsentwicklung hohen Aussagewert. Solifluktionsdecken bezeugen in ihrem Aufbau den Klimaablauf während des Zeitabschnittes ihrer Bildung. Stützte sich die Gliederung des Postglazials im alpinen Bereich bis anhin vorwiegend auf die

glazialen Ablagerungen, so eröffnet die gründliche Kenntnis von Solifluktionsdecken neue Perspektiven. Die in ihnen enthaltenen fossilen Bodenhorizonte, einwandfrei datiert und miteinander korreliert, vermöchten beispielsweise über weite Flächen und größere Distanzen hinweg Leithorizonte für die zeitliche Einstufung von Formen abzugeben. Nicht zuletzt dürften auch neue Erkenntnisse über den Klimaablauf im Postglazial zu erwarten sein, der sich im Aufbau von Solifluktionsdecken in überzeugender Art widerspiegelt.

### Résumé

Les pentes orientées vers le sud et l'est du Munt Chavagl au Parc national suisse sont couvertes d'une vaste nappe de solifluxion qui s'est dissoute dans ses parties inférieures, où le matériel transporté là-dessous par les processus solifluidales s'est accumulé et s'accumule encore. Les prolongements finaux de cette nappe forment des langues frappantes. Ces dernières sont désignées en allemand comme «Erdstrom».

Notre étude présente in extenso les résultats d'une enquête bien détaillée sur l'objet de ces formes morphologiques qui reposent sur une moraine wurmienne. La coupe verticale montre que ces accumulations solifluidales se composent de différentes nappes (de solifluxion) partielles, séparées les unes des autres par des horizons bruns, qui représentent les horizons A de protorendzines, actuellement fossilisées (fAh). Dans cette construction se reflète la genèse de la forme et en même temps aussi les changements des conditions climatiques au cours de l'époque postglaciaire. Les accumulations dues à la solifluxion indiquent le régime d'un climat moins tempéré, tandis que les horizons de terre végétale (humus) permettent la corrélation avec des phases climatiques plus tempérées. La fixation de l'âge absolu de ces éléments particuliers provoque encore quelques difficultés. Elle ne peut s'effectuer qu'insuffisamment sur la base de l'analyse des pollen dont des traces sont à trouver à peu près dans chaque profondeur, même à la base de la forme. L'horizon fAh I (Abb. 2) a été daté par la méthode radiocarbonique (résultat:  $6850 \pm 75$  ans b. p.).

L'essai d'intercaler la genèse de la forme morphologique dans le schéma chronologique de l'époque postglaciaire s'appuie sur la corrélation avec l'expansion et la réduction des glaciers au cours de la même époque – suffisamment connues dans quelques régions à l'est des Alpes, et aussi sur les changements de l'altitude de la limite supérieure des forêts en relation avec des changements du climat. Quoique les résultats cités semblent être encore

assez incertains, ils sont quand-même d'une grande importance, car ils montrent de nouvelles perspectives en vue de la connaissance approfondie concernant la succession des processus postglaciaires auxquels le paysage actuel doit son aspect géomorphologique.

### *Literatur*

Ackermann E.: Zur Unterscheidung glazialer und postglazialer Fließerden. Geol. Rdsch. 2, 1955.

Boesch H.: Geologie der zentralen Unterengadiner Dolomiten. Diss. Univ. Zürich, 1937.

Bortenschlager S., Patzelt G.: Wärmezeitliche Klima- und Gletscherschwankungen im Pollenprofil eines hochgelegenen Moores der Venedigergruppe. Eiszeitalter und Gegenwart, Bd. 20, 1969.

Flohn H.: Allgemeine atmosphärische Zirkulation

und Paläoklimatologie. Geol. Rdsch. 40, Heft 1, 1952.

Furrer G.: Solifluktuationsformen im Schweizerischen Nationalpark. Diss. Univ. Zürich, 1954.

Furrer G., Bachmann F.: Die Situmetrie (Einregelungsmessung) als morphologische Untersuchungsmethode. Geogr. Helv. I, 1968.

Heuberger H.: Die Alpengletscher im Spät- und Postglazial. Eiszeitalter und Gegenwart, Bd. 19, 1968.

Köster E.: Granulometrische und morphometrische Meßmethoden. Ferd.-Enke-Verlag, Stuttgart 1964.

Zoller H.: Postglaziale Gletscherstände und Klimaschwankungen im Gotthardmassiv und Vorder- rheingebiet. Verh. der Naturf. Ges. in Basel, Bd. 77, Nr. 2, 1966.

— Die Vegetation vom ausgehenden Miozän bis ins Holozän. Archäologie d. Schweiz, Bd. 1, 1968.

— Postglaziale Klimaschwankungen und ihr Einfluß auf die Waldentwicklung Mitteleuropas einschließlich der Alpen. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, Bd. 80, 1968.