

<b>Zeitschrift:</b>	Geographica Helvetica : schweizerische Zeitschrift für Geographie = Swiss journal of geography = revue suisse de géographie = rivista svizzera di geografia
<b>Herausgeber:</b>	Verband Geographie Schweiz ; Geographisch-Ethnographische Gesellschaft Zürich
<b>Band:</b>	13 (1958)
<b>Artikel:</b>	Morphologische Dynamik des bündnerischen Rheingebietes
<b>Autor:</b>	Annaheim, Hans
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-41151">https://doi.org/10.5169/seals-41151</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 21.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Anriß einer talwärts anschließenden Gleit- und Sackungsmasse von tonigem Moränenmaterial, auf dem die Weiler Produit und Montagnon sitzen, die samt ihrer Umgebung alle Anzeichen aktiver Solifluktion aufweisen. Über gepflegten Rebhalden, inmitten offensichtlich sehr fruchtbaren aber gebuckelten Wiesen- und Ackergeländen und Obstbeständen erheben sich die vorwiegend aus Holz errichteten Gebäudelichkeiten, bei denen man jedoch auf Schritt und Tritt schräg stehenden und zerrissenen Mauern, notdürftig gestützten, zum Teil auch schon aufgegebenen Stadeln und einer verstellten Kapelle begegnet. Der Ortsbach ist neu einbetoniert, die bis vor kurzem bucklige Straße neu hergerichtet, neben zerfallenden Häusern stehen auch neuere Steinbauten, deren Schicksal indessen trotz aller Stabilisierungsversuche bereits festzustehen scheint.

In den Jahren 1872–89 hatte sich Montagnon um 16,5 m horizontal und 4,3 m in die Tiefe verschoben, 1889–1929 um 31 m und 6 m. Die Bewegung wird zweifellos durch die Bewässerung der Felder befördert, aber ohne Bewässerung wäre die Flur steril; «il n'y a donc rien à corriger», erklärte LUGEON mit Recht (2). Ein eindrückliches Beispiel eines gefährdeten Bodens, der aber seiner überdurchschnittlichen Fruchtbarkeit und seiner klimatischen Vorzüge wegen von seinen Bewohnern nicht aufgegeben wird!

#### LITERATUR

- 1 GERBER, EDUARD: Morphologische Untersuchungen im Rhonetal zwischen Oberwald und Martigny. Arbeiten aus dem Geographischen Institut der ETH, Nr. 1, 1944.
- 2 LUGEON, MAURICE: Le glissement des hamaux de Montagnon et Produit. Murithienne XLIX, 1931/32.
- 3 SUTER, KARL: Bevölkerungsbewegung und wirtschaftliche Wandlungen im Wallis. Brig 1947.

#### LES PAYSAGES DU VERSANT SEPTENTRIONAL DE LA VALLEE DU RHONE, ENTRE SIERRE ET FULLY

Le secteur de Montana est une excellente illustration d'un paysage agraire valaisan d'un haut degré d'intensité économique, paysage qui est clairement divisé en bandes, en fonction de l'altitude. En outre, il présente une zone de mayens, c'est-à-dire une ceinture de terrains exploités moins intensément et dans laquelle s'insère une nouvelle forme d'utilisation de la région, celle de la régénération et des loisirs. Les établissements hospitaliers et les possibilités de travail dans les entreprises industrielles de la vallée du Rhône permirent tout d'abord d'obtenir un gain accèssoire bienvenu, mais provoquèrent ensuite l'abandon des migrations, autrefois habituelles, la transformation des habitations autrefois temporaires en un habitat stable et une augmentation relativement forte de la population; il s'agit, en somme, d'un renforcement économique appréciable et d'une évolution qui s'exprime par des bâtiments neufs, des aménagements à l'intention du trafic, un outillage moderne et une hausse réjouissante du niveau de vie des habitants. — Les secteurs situés immédiatement à l'ouest sont semblables à celui de Montana quant aux conditions naturelles et à l'économie agraire, mais sans bénéficier de la localisation particulièrement favorable de cette région de cure. En outre, certains tronçons du pays, spécialement les localités de Produit et Montagnon, sont soumis à une continue solifluction, avec toutes les conséquences défavorables que cela comporte.

## MORPHOLOGISCHE DYNAMIK DES BÜNDNERISCHEN RHEINGEBIETES

HANS ANNAHEIM

Obwohl die meisten Lehrbücher der Geomorphologie den reliefbildenden Vorgängen weiten Raum reservieren, hat sich die morphologische Detailforschung der letzten Jahrzehnte relativ wenig mit der Morphophysiologie bestimmter Regionen befaßt. Erst seit den vierziger Jahren beginnt man sich unter dem Eindruck neuer Einsichten und Fragestellungen, angeregt namentlich durch das Studium der klimamorphologischen Zusammenhänge, weiterhin aber auch unter dem Eindruck der Resultate zahlreicher regionaler Aufnahmen wieder intensiver mit den Grundfragen dynamischer Natur auseinanderzusetzen. Klarer vielleicht als vor Jahrzehnten empfindet die gegenwärtige

Morphologie das Eingespanntsein des Formwerdens in ein kompliziertes raumzeitliches Wirkungsgefüge von bis in die Gegenwart wirksamen endogenen und exogenen Faktoren, die nicht nur durch die im Laufe der Entwicklung sich ändernden klimatischen Verhältnisse, sondern darüber hinaus auch durch Pflanzen- und Tierwelt<sup>1</sup> und die kulturlandschaftsbildende Tätigkeit des Menschen<sup>2</sup> nachhaltig beeinflußt werden. Immer umfassender wird somit die Tragweite der Einordnung der Reliefformen in den gesamten landschaftlichen Komplex und damit deren wahrhaft geographische Konzeption erkannt.

Es gelangt damit der seinerzeit schon von S. PASSARGE<sup>3</sup> prinzipiell postulierte und in einigen Studien praktisch angewandte Gesichtspunkt der physiologischen Morphologie in noch differenzierterer Art zur Anwendung. Ein Um- und Neudenken im Hinblick auf die morphologischen Aufnahmemethoden<sup>4</sup>, namentlich aber hinsichtlich der dynamischen Bedingungen wird belegt durch Arbeiten wie die von J. BÜDEL über klimamorphologische Aspekte<sup>5</sup>, von H. VON WISSMANN<sup>6</sup> und C. TROLL<sup>7</sup> über Flußerosion, die Arbeiten der Kommission für das Studium der Hangentwicklung<sup>8</sup> oder jene aus dem Kreis von J. TRICART und A. CAILLEUX in der «Revue de Géomorphologie Dynamique», oder, um auch schweizerische Studien der gleichen Richtung zu erwähnen, die Arbeit von H. BOESCH<sup>9</sup> und die von diesem angeregten Untersuchungen von DOMARADZKI<sup>10</sup> und FURRER<sup>11</sup>, oder die Studien von R. STREIFF-BECKER<sup>12</sup> und E. KISTLER<sup>13</sup>. Mit der eingehenden Klassifikation der reliefbildenden Faktoren hat sich J. EFREMOW beschäftigt<sup>14</sup>.

Wohl ist es oft nur begrenzt möglich, innerhalb des Formenschatzes eines Gebietes die vielfältigen dynamischen Erscheinungen und deren morphologische Manifestationen qualitativ und quantitativ voneinander abzugrenzen, sodaß das Hauptgewicht in regionalen Untersuchungen vorwiegend auf die Erfassung der Formtypen und -bereiche gelegt und etwa mit Hilfe der chronologischen Zuordnung der Reliefgenerationen ihr dynamisches Wesen abzuklären versucht wird<sup>15</sup>. Daß jedoch die einläßliche dynamische Analyse auch in regionalen Untersuchungen notwendig und aufschlußreich ist, dokumentiert die vor kurzem erschienene Arbeit von PD. Dr. HEINRICH JÄCKLI, Zürich<sup>16</sup> welche erstmals für einen bestimmten alpinen Raum die morphologische Dynamik der rezenten Vorgänge systematisch studiert und daher eine eingehende Würdigung ver-

<sup>1</sup> Vgl. A. CAILLEUX et J. TRICART (1956) : Le problème de la classification des faits géomorphologiques. *Annales de Géogr.* 65, 162-186. Der ideenreiche Aufsatz legt auch besonderes Gewicht auf das dynamische Prinzip der Morphodiagnose.

<sup>2</sup> Vgl. H. MORTENSEN (1954/55) : Die «quasinatürliche» Oberflächenformung als Forschungsproblem. *Wiss. Zeitschr. der Ernst Moritz Arndt-Univ. Greifswald*, IV, Math. naturw. Reihe 6/7, p. 625 ff.

<sup>3</sup> Physiologische Morphologie. *Mitt. Geogr. Ges. Hamburg* 26, 1912.

<sup>4</sup> Vgl. H. ANNAHEIM (1956) : Zur Frage der geomorphologischen Kartierung. *Peterm. Mitt.* 315-319. — K. KLIMASZEWSKI (1956) : The principles of the geomorphological survey of Poland. *Przeglad Geograficzny* (Polish Geogr. Review) 28, Suppl. Warszawa. — A. SPIRIDONOW (1956) : Geomorphologische Kartographie. Deutscher Verlag der Wiss. Berlin.

<sup>5</sup> Reliefgenerationen und plio-pleistozäner Klimawechsel im Hoggar-Gebirge. *Erdkunde* 9, 1955, 100-115, und viele weitere Arbeiten.

<sup>6</sup> Über seitliche Erosion. *Colloquium Geogr.* 1, Bonn 1951.

<sup>7</sup> Tiefenerosion, Seitenerosion und Akkumulation der Flüsse im fluvioglazialen und periglazialen Bereich. *Geomorph. Studien* (Machatschek-Festschrift), Gotha 1957, 213-226.

<sup>8</sup> Union Géogr. Internat. : Premier Rapport de la Commission pour l'Etude des Versants. Amsterdam 1956.

<sup>9</sup> Beiträge zur Kenntnis der Blockströme. «Die Alpen» 27, 1951. H. 1.

<sup>10</sup> Blockströme im Kanton Graubünden. *Diss. Zürich* 1951.

<sup>11</sup> Solifluktionsformen im Schweiz. Nationalpark. *Diss. Zürich* 1954.

<sup>12</sup> Strukturböden in den Alpen. *Geogr. Helv.* 1, 1946, 150-157.

<sup>13</sup> Hydrologische Untersuchungen im Gebiete der Valle Onsernone mit bes. Berücksichtigung des Kolkphänomens. *Diss. Bern* 1954.

<sup>14</sup> In: *Geomorphologische Probleme*. H. Haack, *Geogr. Kartogr. Anstalt Gotha* 1956, 37-48.

<sup>15</sup> Vgl. H. ANNAHEIM (1946) : Studien zur Morphogenese der Südalpen zwischen St. Gotthard und Alpenrand. *Geogr. Helv.* 1, 62-149.

<sup>16</sup> Gegenwartsgeologie des bündnerischen Rheingebietes. Ein Beitrag zur exogenen Dynamik alpiner Gebirgslandschaften. *Beitr. zur Geol. der Schweiz, Geotechn. Serie*, Lief. 36, Bern 1957. 136 S., 6 Tafeln, 64 Figuren im Text.

dient. Die Arbeit erhält ihr besonderes Gewicht durch ihre Zielgebung, die absolute Größe und Geschwindigkeit der dynamischen Vorgänge zu bestimmen und damit zu einer quantitativen Bewertung der einzelnen dynamischen Kategorien für die rezente Formbildung und -umbildung vorzustoßen. Die Bedeutung einer derartigen Quantifizierung der exogenen Dynamik für die tiefere Erfassung der Reliefgestaltung ist einleuchtend; mit Recht hat daher H. LOUIS jüngst betont, daß ein Verständnis des Zusammenwirkens der exogenen Vorgänge ohne Rechenschaft über ihren Energiehaushalt nicht möglich sei<sup>17</sup>.

Die Untersuchungen verwerten ein weitschichtiges eigenes und fremdes Beobachtungsmaterial, sodann Messungen und Befunde amtlicher Forschungsstellen und die Ergebnisse umfassender Luftbildstudien. Sie werden durch ausgezeichnete Photos, Tabellen (historische Bergstürze, aktive Blockströme, Blockgirlanden, Schwemmlstmengen verschiedener Gewässer u.a.), Diagramme und Profile dokumentiert. Drei auf Grundlage der L.K. 1:50 000 entworfene «aktuogeologische» Karten vermitteln eindrückliche Vorstellungen von der Verbreitung der Schuttbildungen, Auflockerungerscheinungen, fluvialen und glazialen Wirkungen im Vorderheintal oberhalb Disentis, im Piz Kesch-Gebiet und im Raum Heinzenberg—Piz Beverin; eine Karte 1:100 000 verzeichnet die ausgedehnten Rutschungen und Bergstürze im Bündnerschiefergebiet. Eine Reliefkarte 1:300 000 endlich markiert die unverbauten und verbauten Wildbäche, die offenen Erosionsrisse und die Kampfgebiete zwischen verschiedenen Flußräumen in der Wasserscheidenregion. Die letzte der Tafeln vermittelt ein maßstäblich-körperliches Bild der durch die verschiedenen Vorgänge bewirkten Massenverlagerungen.

Nach einer knappen Schilderung der oro- und hydrographischen, klimatischen und geologischen Verhältnisse des 4300 km<sup>2</sup> umfassenden Untersuchungsraumes werden die subrezenten und rezenten exogenen Vorgänge und Formen nach morphologischem Charakter, Verbreitung, nach Bewegung und Größe der mobilisierten Massen betrachtet und nach Möglichkeit gemessen. Nach der Darlegung der Verwitterungsvorgänge, des Steinschlags und der Bergstürze werden die langsamem Schwerkraftwirkungen, die fluvialen und glazialen Erscheinungen besonders einläßlich untersucht, und gerade diese Kapitel enthalten eine Fülle neuer Einzelbeobachtungen. Die *Solifluktion*, im weitern Sinne mit ANDERSSON als langsame und oberflächliche Schuttrutschung verstanden, wird besonders durch Schmelzwasser begünstigt, wobei namentlich das durch Gefrorenis im Boden festgehaltene Wasser beim Auftauen den Oberflächenschutt in einen wasserübersättigten Brei verwandelt. Ihr Maximum erreichen daher die solifluidalen Bewegungen einerseits im Frühjahr (Schneedruck- und Schmelzwassersolifluktion), anderseits im Herbst (Schmelzwassersolifluktion); in einem Diagramm (S. 36) macht der Verfasser den Versuch, die Verschiebung der Solifluktionshöhengürtel im Laufe des Jahres darzustellen. Für die Bewertung dieser Vorgänge sind die Beobachtungen maßgebend, welche zeigen, daß sie nicht so verbreitet sind, wie man vielleicht zu erwarten geneigt ist; schuttfreie Felsflächen, gut erhaltene Wege und die große Zahl kleiner Bergseen beweisen die weite Verbreitung solifluktionsfreier Gebiete. Bisher zu wenig beachtet wurden die *Blockströme* und -girlanden; der Verfasser konnte 17 Blockströme feststellen, von denen bisher nur einer namhaft gemacht worden war (DOMARADZKI). Aktive Ströme kommen nach den Beobachtungen des Verfassers in den Höhen zwischen 2300 m und 2800 m vor, liegen somit im Bereich der Untergrenze des Permafrostes und nur in N-, W-, seltener in E-Exposition, wobei die nordorientierten am tiefsten hinunterreichen. Sie bestehen vorwiegend aus kristallinen Gesteinen. Die aktiven Blockströme unterscheiden sich von den inaktiven durch ihre übersteile, instabile Stirn. Die vom Verfasser kontrollierten beiden Blockströme weisen Geschwindigkeiten von 10–20 cm und 50–90 cm im Jahr auf.

Über die Genese dieser Formen, die von andern Verfassern in Anlehnung an den vor ca. 50 Jahren in Nordamerika geprägten Ausdruck «rockglacier» etwas unglücklich etwa als Blockgletscher bezeichnet werden, äußert sich der Verfasser zurückhaltend, da über das Innere dieser Bildungen nichts bekannt ist; immerhin scheinen die von ihm untersuchten Blockströme

<sup>17</sup> Rumpfflächenproblem, Erosionszyklus und Klimamorphologie. Geomorph. Studien (Machatschek-Festschrift), Gotha 1957, 9-36.

weniger eindeutig mit Gletschereis und Moränen in Zusammenhang zu stehen als jene des Engadins, ein Befund, der im Gegensatz zu den jüngst publizierten Untersuchungen aus den Ötztaler Alpen steht, deren Blockströme von mächtigen Blockmassen überwältigte Gletscherzungen des Fernau-Hochstandes des frühen 17. Jahrhunderts darstellen sollen<sup>18</sup>. Schon die vom Verfasser erwähnte Tatsache, daß manche Ströme und namentlich die weniger mächtigen, aber weitflächiger entwickelten Blockgirlanden bisher häufig als rezente Lokalmoränen oder daunstadiale Moränen kartiert wurden, mag darauf hinweisen, daß ein enger Zusammenhang zwischen beiden Erscheinungen bestehen dürfte und wir deren Entstehung erst genauer zu überblicken vermögen, wenn wir über die stadiale und frührezente Glazialentwicklung besser informiert sind.

Neben den praktisch durch ihre zerstörenden Wirkungen an Gebäuden und Kunstbauten wichtigen *Schuttrutschungen* sind dank der weiten Ausdehnung der axial ostwärts einfallenden Bündnerschiefer die *Schieferrutschungen* – langsame Felsbewegungen auf den Schichtflächen der Talwesthänge – von besonderer Bedeutung, umfassen sie doch ein Areal von 280 km<sup>2</sup>. Die durch sie erzeugten Formen sind im ganzen Raume wesensgleich und lassen eine oberste Sackungszone, sodann einen mittleren Teil mit Geländewellen als Folge von Zerr-Rissen und Stauchwülsten und den untersten, aufgewölbten Abschnitt erkennen. Die Geschwindigkeit dieser Bewegung beträgt 11–27 cm/Jahr, ausgenommen die große, einen Sonderfall darstellende Rutschung von Schuders, welche im Mittel der letzten 20 Jahre 1,5–2 m vorgerückt ist. Auch Felsabsackungen schräg zur Schichtung oder direkt über die Schichtköpfe hinweg kommen vor. Es hält ohne Messungen oft schwer, zu beurteilen, ob die Bewegungen noch andauern und wie weit sie reichen; auch das Alter dieser Bildungen ist selten zu bestimmten, da «hangende Moränen» mitgerutscht sein können.

Im Abschnitt über die *fluvialen Wirkungen* wird versucht, die Areale verschiedener Intensität fluvialer Eingriffe auf Grund von Planimetrierung abzuschätzen, wobei allerdings die verschiedenen Abtragsklassen rein konventionell gefaßt sind und noch nicht präzis definiert werden können (Tab. 14). Danach sind 92,4% des Gebietes Erosionsareale, deren Abtragungsprodukte den Rhein belasten: lediglich 0,4% des Raumes sind jedoch intensiver Erosion unterworfen permanente Geschiebeherde (offene Schuttanrisse, steile, wenig erosionsresistente Felsflanken über Bächen usw.); 49,1% unterliegen mittelgroßer (potentielle Geschiebelieferanten), 42,9% geringer Erosion (flache Talsohlen, Felsterrassen usw.). Anhand der 1896 vom Eidg. Amt für Wasserwirtschaft aufgenommenen Querprofile einiger Schluchtkerben (Via Mala, Rofna), deren neuerliche Aufnahme interessante Befunde ergeben müßte, wird der postglaziale Tiefenschnitt dieser Stellen im Bündnerschiefer zu 4–7,5 mm und im Kristallin zu 1–3 mm/Jahr bestimmt, welche Beträge auffallend mit den Erosionsleistungen an den Wildbachverbauungen des Nolla bei Thusis übereinstimmen. Eingehende Darstellung finden die historischen Erosionsbildungen im Moränenschutt, das Gründjetobel und die Rungsrüfe im Schanfigg. Extrem groß ist die junge Erosion im Nollatobel, wenn auch H. BRUNNER<sup>19</sup> die vom Verfasser zitierten Werte als stark übersetzt hält. Die seit einigen Jahrzehnten unterhalb Reichenau beobachtete Eintiefung des Rheinbettes um mehrere Meter – genauere Angaben darüber werden nicht gemacht – wird als Folge der durch die Wildbachverbauung bewirkten Schuttentlastung des Vorfluters gedeutet. Eingehende Betrachtungen sind auch der fluviatilen Akkumulation, so in den limnischen Räumen, sodann jener durch Hauptfluß und Nebengewässer gewidmet; für das Schams wird eine aufschlußreiche Phasengliederung der postglazialen Schwemmkegelgenese gegeben.

Im Kapitel über die *glazialen Wirkungen* gibt der Verfasser eine auf Grund der Gipfelmethode für 1925 konstruierte Karte der klimatischen Schneegrenze, dann von kartographischen Darstellungen unterstützte Angaben über die Gletscherschwankungen seit 1850, wonach das Areal der betrachteten Gletscher in den letzten 100 Jahren um

<sup>18</sup> W. PILLEWIZER (1957): Untersuchungen an Blockströmen der Ötztaler Alpen. Abh. des Geogr. Inst. der Freien Univ. Berlin 5, 37-50.

<sup>19</sup> Neue Bündner Zeitung Nr. 198, 1957 (Besprechung der Arbeit von H. JÄCKLI).

ca. 20–60%, im Mittel um 35% abgenommen hat, ein Wert, der nicht unwesentlich über dem Landesmittel liegt, was durch die relative Kleinheit der Gletscher des bündnerischen Rheingebiets erklärt wird; deshalb wird auch die gegenwärtige glaziale Erosionsleistung im Rahmen des Abtragsgeschehens als gering bewertet. Vor den meisten Gletschern lassen sich die Stirnmoränen der Stände von 1910/20 und 1850 erkennen, während ältere Moränen der Phasen 1600–1820 zu fehlen scheinen; sie dürften nach dem Verfasser durch den Vorstoß von 1850 überfahren worden sein. Dieser wird daher als Maximalvorstoß seit der postglazialen Wärmezeit betrachtet, während H. KINZL<sup>20</sup> – auf Grund eines größeren Beobachtungsraumes – den Vorstoß von 1600 als den größten betrachtet. Der Verfasser ist geneigt, in den Alpen nicht nur großräumige glazialisostatische Bewegungen, sondern auch lokale Hebungsscharniere an den Flanken der Haupttäler anzunehmen, als welche er von ihm beobachtete junge Verwerfungen deutet möchte. Anschließend werden auch die nivalen und äolischen Wirkungen, der Wassertransport gelöster Substanzen und endlich die Verschiebungen von Wasserscheiden betrachtet.

Hauptziel der dynamischen Analyse war es, konsequent für jeden der Prozesse die Größe der *Massenverlagerung* pro Ereignis (= Gesteinsmasse x zurückgelegter Weg) und in der Zeiteinheit (Jahr) zu bestimmen – vom Verfasser in dieser Form definierte Begriffe. Dabei ist sich der Verfasser klar darüber, daß manche seiner Angaben ange- sichts der mitunter noch zu schmalen Beobachtungsbasis nur rohe Schätzungen oder der späteren Präzisierung bedürfende Annäherungswerte darstellen; nur einige wenige Werte, wie jene über die Ablagerungen im Rheindelta des Bodensees und über die im Flußwasser gelösten Karbonatmengen sind Ergebnisse genauerer Messungen. Die Schätzung aller Arten von Massenverlagerungen (Tab. 28) ergibt folgende Größenstufung für die verschiedenen Prozesse: Inbezug auf die Mächtigkeit der bewegten Massen stehen die Schiefer- und Schuttrutschungen, sodann die Blockströme weitaus an erster Stelle. Auch hinsichtlich der bewegten Kubatur stehen die Schieferrutschungen, gefolgt von den Schuttrutschungen und Solifluktionskomplexen weitaus an der Spitze. Zweifellos am interessantesten sind die Angaben über die Massenverlagerungen pro Jahr (total 960 Milliarden Metertonnen, horizontal<sup>21</sup>), lassen sie doch die quantitative Bedeutung der verschiedenen exogenen Kräfte für die rezente Morphogenese erkennen. Führend in dieser exogen-dynamischen «Hierarchie» sind dank ihrer beträchtlichen horizontalen Massenverlagerung die fluviyalen Wirkungen (375 Mill.mt., dazu chemisch Gelöstes 584 Mill.mt.); in weitem Abstand folgen Schieferrutschungen (0,8 Mill.mt.), dann Gletscher- und Lawinentransport und Schuttrutschungen; die geringsten Werte zeigen Soliflaktion und Blockströme. Aufschlußreich ist der angeführte Vergleich mit dem spätglazialen Flimser Bergsturz, dessen Massenverlagerung (Horizontalwert) 206 mal größer als die Summe aller Massenverlagerungen des bündnerischen Rheingebietes während eines ganzen Jahres ist.

Als *Summe aller Abtragsvorgänge* im nicht der Akkumulation unterliegenden Teil des Untersuchungsgebietes berechnet der Verfasser eine mittlere Erniedrigung von etwas über 1 mm/Jahr, was, auf die Dauer des Quartärs extrapoliert, eine Erniedrigung der entsprechenden Fläche um 600 m ergeben würde. Da jedoch ein großer Teil dieser Massenverlagerung innerhalb des bündnerischen Rheingebietes vor sich geht und hier lokal zu einer akkumulativen Erhöhung der Landoberfläche führt, ist m.E. für die Schlussbilanz lediglich das in Form von Feststoffen und in Lösung endgültig aus dem Untersuchungsraum fortgeföhrte Material maßgebend, woraus ein mittlerer Abtrag von 0,58 mm und eine quartäre Gesamtniedrigung von 350 mm resultiert.

<sup>20</sup> Die größten nacheiszeitlichen Gletschervorstöße in den Schweizer Alpen und in der Mont Blanc-Gruppe. Zeitschr. f. Gletscherkunde XX, 1932, 209–397.

<sup>21</sup> Die in Tab. 28 (S. 126) angegebenen Jahressummen sind nach Mitteilung des Verf. infolge eines Additionsfehlers zu hoch, der oben genannte Wert ist berechtigt, ebenfalls die Vergleichzahl für den Flimser Bergsturz (S. 127).

Da der Vergleich dieser Ergebnisse mit früher gewonnenen Werten für die mittlere jährliche Abtragshöhe doch aufschlußreich ist, mögen hier einige ältere Befunde angeführt werden<sup>22</sup>:

Rheingebiet oberhalb des Bodensees (COLLET, L. <sup>23</sup> )	0,45 mm
Reußgebiet oberhalb des Urnersees (HEIM, A. <sup>24</sup> )	0,24 mm
Kandergebiet (STECK, Th. <sup>25</sup> )	0,38 mm
Rhonegebiet oberhalb des Genfersees (UETRECHT, E. <sup>26</sup> )	0,20 mm
Rhonegebiet oberhalb des Genfersees (FOREL, F. <sup>27</sup> )	0,68 mm

Obwohl die Berechnungsgrundlagen verschieden sind — nicht bei allen wurde das gelöste Material berücksichtigt — und sich auf verschiedene Zeiten beziehen, daher auch nicht schlecht-hin vergleichbar sind, ergeben sich zwischen den älteren Angaben und jener von JÄCKLI — ausgenommen die hohe Zahl FORELS — doch recht beträchtliche Differenzen, welche eine zu weit gehende Verallgemeinerung regionaler Befunde ausschließen.

Der extrapolierte Wert für den Quartärabtrag regt den Verfasser zu einigen morphochronologischen Überlegungen an, wobei er allerdings nicht nur den aus der Gesamtbilanz erschlossenen Wert von ca. 350 m, sondern auch jenen von 600 m im Auge behält. Wenn auch der Verfasser auf mögliche Fehlerquellen (menschliche Eingriffe wie Entwaldung, Gewässerkorrektionen) hinweist, so ist doch grundsätzlich auf die Gewagtheit einer derart enormen Extrapolation von wenigen auf 600 000 Jahre hinzudeuten.

Nach dem Dafürhalten JÄCKLIS sind die errechneten Werte wesentlich höher, als sie den bisherigen talgeschichtlichen Untersuchungen entsprechen. Dieser Widerspruch kann nach dem Verfasser dadurch gelöst werden, daß man entweder 1. eine im frühern Quartär weit geringere Abtragsleistung annimmt als gegenwärtig, oder aber 2. durch die Annahme, daß die Oberflächenformen des Rheingebietes angesichts der großen quartären Abtragskapazität wesentlich jünger sind als bisher angenommen. Alt- und mittelpliozäne Formen müßten danach schon längst abgetragen sein, sodaß der gesamte Formenschatz mit Ausnahme einiger jungpliozäner Relikte quartären Alters wäre. Letztere Auffassung erscheint dem Verfasser als die wahrscheinlichere.

Ohne auf die morphologischen Überlegungen und Befunde einzutreten, welche für die Langlebigkeit mancher Formkomplexe und die Erhaltung alt- und mittelpliozäner Altformen — für die Ostalpen hält JÄCKLI dieses Phänomen als erwiesen — sprechen, sei zu dieser entscheidenden Frage folgendes bemerkt. Abgesehen davon, daß sich schon kleine Änderungen des doch mit Unsicherheitsfaktoren belasteten Abtragsmittels bei umfassender Extrapolation auf das ganze Quartär, das ja ohnehin morphodynamisch höchst mannigfaltig ist, ausnehmend stark auswirken müßten (Änderung von 0,1 mm = ca. 60 m), läßt der Abtragswert von ca. 350 m eine Interpretation zu, welche eine differenzierte Erfassung der alpinen Morphogenese ermöglicht und mit den bisherigen Befunden besser übereinstimmt. Es sei hier nur auf zwei Punkte hingewiesen:

1. Zwei Regionen sind es, welche nach bisheriger Auffassung während des Hochstandes der Vergletscherungen in erster Linie als Abtragszonen funktionierten: Die Hochregion der Käse und die Taltiefen unter dem unmittelbar präglazialen Niveau. Für die Karformen kann die pleistozäne Ausraumtiefe größtenteils zu 100—200 m angesetzt werden<sup>28</sup>). Auf Grund der Studien von MACHATSCHEK, MACHATSCHEK und STAUB<sup>29</sup> und eigener Überlegungen<sup>19-30</sup> glaube ich die quartäre Taleintiefung für die unten angeführten Orte wie folgt ansetzen zu dürfen:

22 Vgl. auch O. MAULL (1938): Geomorphologie. Leipzig und Wien, p. 246.

23 Methode der Deltavermessung der Abteilung für Wasserwirtschaft. Annalen der Schweiz. Landeshydrographie 2, 1916.

24 Die Erosion im Gebiete der Reuß. Jahrb. SAC. 1878.

25 Die Denudation im Kandergebiet. 11. Jahresber. Geogr. Ges. Bern 1893.

26 Die Ablation der Rhone im Walliser Einzugsgebiet im Jahre 1904/05. Diss. Bern 1906.

27 Le Léman. Lausanne 1896.

28 Vgl. u.a. H. ANNAHEIM (1946), a.a.O.p. 96.

29 F. MACHATSCHEK (1928): Talstudien in der Innerschweiz und in Graubünden. Mitt. Geogr. Ethnogr. Ges. Zürich 27/28, 1928, 1-38. — F. MACHATSCHEK und W. STAUB (1927): Morphologische Untersuchungen im Wallis. Ecl. geol. Helv. 2o, 335-379. Vgl. dazu ANNAHEIM (1946) a.a.O.p. 82 ff.

30 H. ANNAHEIM (1951): Die Lage der präglazialen Oberfläche in der Zentralschweiz. Verh. Schweiz. Naturf. Ges., p. 197 f.

31 R. v. KLEBELSBERG (1949): Handbuch der Gletscherkunde und Glaziologie, Bd. II, p. 696. Wien.

Wallis	Brig	930 m	Graubünden	Disentis	350 m
	Siders	870 m		Ilanz	650 m
Uri	Andermatt	300 m	Tessin	Chur	590 m
	Silenen	800 m		S. Carlo (Bavona)	600 m
	Riemenstalden	760 m		Faido	450 m
				Bellinzona	400 m

Mit Ausnahme des Tessins wurde dabei die Akkumulationstiefe der heutigen Talsohlen nicht berücksichtigt, sodaß die Werte in Wirklichkeit teilweise bedeutend höher sind (Andermatt z.B. total 550 m, s. 31). Vergleicht man diese allerdings ebenfalls mit Fehlerquellen behafteten Zahlen mit dem Betrag von 350 m (JÄCKLI), so erscheint die Diskrepanz nicht mehr derart unüberbrückbar. Da die obigen Tiefschnittswerte jedoch nur für die in der Talachse gelegene Zonen gelten, sind *Ausraummessungen* der quartären Talabschnitte und Karregionen nötig, um zu präzisen Vorstellungen über das Ausmaß des pleistozänen Abtrags zu gelangen, welche erst eine zuverlässige Vergleichsbasis für den von JÄCKLI errechneten Wert abgeben. Gerade durch die Forschung JÄCKLIS wird die Aufgabe der Ausraummessung<sup>32</sup> erneut gestellt und dürfte den Weg zu neuen Einsichten bahnen.

2. Ein Ergebnis der Studien des Verfassers ist die Erkenntnis der Bedeutung der Schutt- und Schieferrutschungen innerhalb der exogenen Dynamik des Untersuchungsgebietes (s. Tafel VI). Wenn auch ausgedehnte Räume dieser Region dank der weiten Verbreitung der wenig resistenten Bündnerschiefer dem Abtrag intensiver ausgesetzt sind als andere alpine Räume und daher eine gewisse Zurückhaltung in bezug auf eine Verabsolutierung der Befunde geboten erscheint, so deuten diese Verhältnisse doch auch auf grundsätzlich bedeutsame Zusammenhänge hin. Voraussetzung dieser Bildungen ist die Störung des Böschungsgleichgewichtes. Diese wird bewirkt durch die Hangunterscheidung als Folge der glazialen Exkavation oder inter- und postglazialer fluvialer Eingriffe, wobei die Instabilität durch die Kulturlandschaftsentwicklung noch verstärkt wird. Es scheint uns daher nicht ausgeschlossen, daß die Massenverlagerungen, namentlich im Hinblick auf den Kubus der bewegten Massen, in der periglazialen Phase und wiederum in der Neuzeit nach den großen Rodungen quantitativ größer waren und sind als zur Zeit der Eisbedeckung, welche wohl nur in den Karen und den Talkanälen, also in räumlich begrenzten Gebieten hohe Abtragswerte zeitigte. Gleiches gilt für die Interglaziale. Diese Annahme steht in Übereinstimmung mit dem Formstil ehemals vergletscherten Gebirge, der deutlich macht, daß die Intensität des Eisschurfs von Ort zu Ort stärksten Unterschieden unterliegt; glaziale Eingriffe dritten Grades (starker Hangabtrag und bedeutenden Tiefenschurf (vgl. ANNAHEIM<sup>33</sup> treten nur dort in Erscheinung, wo sich ein starker Eisstrom durch ein zu enges Talprofil zwängen muß. Gerade die simplifizierende Mißachtung dieser graduellen Abstufung glazialer Wirkungen trägt die Schuld daran, daß so lange fruchtlos über die Frage der Gletschererosion disputiert werden mußte. Das Prinzip der örtlichen Differenzierung der morphogenetischen Prozesse macht die Erhaltung präglazialer Formen in besonderer Lagesituation, z.B. in Refugiallagen, durchaus verständlich, trotz eines im ganzen bedeutenden quartären Abtrags.

Die knappen Hinweise haben vielleicht zu zeigen vermocht, daß die in ihrer konsequenten Durchführung bestechende Untersuchung nicht nur höchst aufschlußreich, sondern darüber hinaus für eine bestimmte Richtung morphologischer Untersuchungen wegweisend sein dürfte; es wäre m.E. empfehlenswert, wenn bei künftigen morphologischen Integralaufnahmen zunächst eine einläßliche Analyse der rezenten Dynamik und ihrer örtlichen Verteilung durchgeführt würde, welche eine sichere Diagnose von «Lebend- und Beharrungsformen» und damit eine zuverlässige Isolierung der Altformen ermöglichen würde. Daß die Analyse der exogenen Dynamik auch von erheblicher praktischer Bedeutung ist, sei gerade im Zusammenhang mit der Gründung der Kommission für angewandte Geomorphologie im Rahmen der Internationalen Geographischen Union erwähnt. Wenn auch spätere Untersuchungen manche Resultate der vorliegenden Arbeit modifizieren sollten, so vermag die von H. JÄCKLI so optimistisch angepackte und folgerichtig durchgeföhrte Untersuchung der Morphologie doch wertvolle Impulse zu vermitteln. «Die Wissenschaft hat beide Forschertypen nötig: die initiativen Optimisten sowohl wie die ralentierenden Skeptiker» (B. DUKOR).

<sup>32</sup> E. SCHNELL (1934): Die Bedeutung der Ausraummessung für die Geochronologie. Diss. Frankfurt a.M. — In jüngster Zeit hat A. WINKLER-HERMADEN (1957), Geologisches Kräfspiel und Landformung, Wien, p. 550 ff., 693 ff. anhand von Ausraummessungen den jungpliozänen und quartären Abtrag im Grazer Bergland quantitativ zu bestimmen versucht. Seine Berechnungen ergeben für die Zeitspanne Pannon-Ende bis Gegenwart den auffallenden bescheidenen jährlichen Durchschnittswert von 0,022 mm Abtragungshöhe, ein Ergebnis, welches die Bedeutung regionaler Unterschiede unterstreicht.

<sup>33</sup> Die Landschaftsformen des Lagonerseegebietes. Stuttgart 1936, p. 133 f.